

annales
de
zoologie
écologie animale



1971
Vol. 3, N° 3

inra

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

AZE3.3

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

149, rue de Grenelle, PARIS-VII^e. Tél. : 551-41-09.

Directeur général : J. BUSTARRET

Inspecteurs généraux : A. CAUDERON, G. DROUINEAU, R. FÉVRIER, P. MORNET, R. PÉRO

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : J. BUSTARRET

Annales agronomiques.

- M. HALLAIRE, Chef du Département de Bioclimatologie.
- S. HÉNIN, Chef du Département d'Agronomie.

Annales de l'Amélioration des Plantes.

- R. MAYER, Chef du Département de Génétique et d'Amélioration des Plantes.

Annales de Phytopathologie.

- H. DARPOUX, Chef du Département de Pathologie végétale.

Annales de Zoologie - Écologie animale.

- E. BILIOTTI, Chef du Département de Zoologie.

Annales de Zootechnie.

- G. FAUCONNEAU, Chef des Départements de Nutrition et d'Élevage.
- A.-M. LEROY, Professeur honoraire à l'Institut national agronomique.
- A. RÉRAT, Directeur de la Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs, C. N. R. Z.

Annales de Technologie agricole.

- P. DUPUY, Directeur de la Station de Technologie des Produits végétaux, Centre de Recherches de Dijon, 7, rue Sully.
- A. GUILBOT, Directeur de la Station de Biochimie et Physico-Chimie des Céréales et de leurs Dérivés, C. E. R. D. I. A., Le Noyer-Lambert, 91 - Massy.
- G. MOCQUOT, Chef du Département de Technologie des Produits animaux.

Annales de Biologie animale, Biochimie, Biophysique.

- G. FAUCONNEAU, Chef des Départements de Nutrition et d'Élevage.
- A. FRANÇOIS, Directeur de Recherches à l'I. N. R. A.
- C. THIBAUT, Chef du Département de Physiologie animale.

Annales des Sciences forestières.

- P. BOUVAREL, Chef du Département de Recherches forestières, C. N. R. F.
- J.-P. CHESNEAU, École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 54 - Nancy.
- J. PARDÉ, Directeur de la Station de Sylviculture et de Production, C. N. R. F.

Annales de Génétique et de Sélection animale.

- J. POLY, Chef du Département de Génétique animale.

Apidologie (Revue franco-allemande, co-éditionl. N. R. A.-Deutscher-Imkerbund).

- J. LOUVEAUX, Directeur de la Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes sociaux, 91 - Bures-sur-Yvette.

Annales de Recherches vétérinaires.

- P. MORNET, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Annales d'Hydrobiologie.

- R. FÉVRIER, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
- C. THIBAUT, Chef du Département de Physiologie animale.
- R. VIBERT, Directeur de la Station d'Hydrobiologie, 64 - Biarritz.

Annales d'Économie et de Sociologie rurales.

- D. BERGMANN, Chef du Département d'Économie et de Sociologie rurales.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :

Services des Publications de l'I. N. R. A., route de Saint-Cyr, 78 - VERSAILLES, Tél. : 950-75-22

annales
de
zoologie
écologie animale

Trimestriel

1971

Vol. 3 N° 3

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Reproduction, même partielle, interdite sans autorisation des auteurs
et de l'Institut national de la Recherche agronomique
à l'exception des résumés

LES PROBLÈMES DES LÉPIDOPTÈRES FOREURS DES GRAMINÉES EN AFRIQUE DE L'OUEST (1)

J. BRENIÈRE

Institut de Recherches agronomiques tropicales et des Cultures vivrières,
45 bis avenue de la Belle-Gabrielle,
94 - Nogent-sur-Marne

RÉSUMÉ

Après avoir souligné l'importance économique des foreurs des graminées en Afrique de l'Ouest, l'auteur donne la liste des principales espèces nuisibles sur riz, maïs, mil, sorgho et canne à sucre. Les travaux relatifs à la lutte contre ces insectes sont ensuite exposés. La lutte chimique, dans une agriculture de bas niveau, est très peu rentable, ce qui lui fait préférer l'utilisation de méthodes culturales. Le développement de variétés améliorées se heurte à la constatation que les plantes les moins productives sont les plus résistantes.

Du point de vue de la lutte biologique, les recherches sur les possibilités d'utilisation des microorganismes sont très peu avancées. Les entomophages, par contre, ont été davantage prospectés parallèlement aux études écologiques. Mais les inventaires des parasites des foreurs des graminées sont compliqués par les difficultés d'identification de leurs hôtes. Un catalogue général serait à établir sur le plan international. Les échanges internationaux en matière de parasites des foreurs des graminées ont concerné les régions où une activité de recherche a pu se développer : île Maurice, Indes, Philippines, Afrique de l'Est, Madagascar. Ils mériteraient d'être étendus à l'Afrique de l'Ouest qui manque encore de laboratoires dans ce vaste domaine. Un premier pas consiste dans la réalisation d'élevages des déprédateurs sur milieux artificiels. De bons résultats ont été obtenus pour *Sesamia calamistis*.

INTRODUCTION

Les insectes foreurs des graminées en Afrique sont les ennemis les plus constants, les plus largement répandus et les plus insidieux de ces cultures. On rencontre souvent sur sorgho (*Sorghum vulgare* PERS.) jusqu'à 80 p. 100 de tiges attaquées par des chenilles endophytes ; sur mil (*Pennisetum typhoides* RICH.), *Acigona ignefusalis* Hmps. prend parfois des proportions considérables dépassant 10 chenilles par tige. Au Ghana en 1966-67 on signalait une attaque de *Sesamia botanophaga* T. et B. portant sur 50 à 75 p. 100 des plantes. Souvent ces pertes sont fort apparentes lorsque les jeunes plants sont entièrement détruits ou lorsque les tiges cassent. Mais ce

(1) Communication présentée lors du Symposium sur les foreurs de graminées de l'Organisation Internationale de Lutte biologique (O. I. L. B.), Paris, le 25 septembre 1970.

dégât spectaculaire, d'ailleurs localisé, n'est pas l'essentiel. L'activité des foreurs, à des degrés différents à peu près à tous les stades du développement de la plante, entraîne l'affaiblissement de la végétation qui, à partir d'un certain niveau d'infestation se traduit par une perte de récolte. Cette dernière est la plupart du temps très difficile à évaluer, car la relation entre le dégât agronomique et le volume de l'infestation n'est pas simple. Elle varie selon les insectes en cause (or parfois deux espèces agissent en même temps) et dépend essentiellement de l'état de croissance de la plante au moment des attaques. De plus, le pouvoir de compensation de la plupart des graminées cultivées, soit par tallage de remplacement, soit par remplacement des circuits de sève détruits, facilité par la structure primaire des vaisseaux des monocotylédones, est un élément important d'atténuation des pertes qui varie lui aussi selon la période d'attaque et selon d'autres facteurs alimentaires liés au sol et au climat, ou génétiques dépendant du végétal lui-même. Aussi les estimations chiffrées de pertes sont-elles rares et imprécises. Toutefois, malgré la complexité du problème, les récentes acquisitions en matière de lutte chimique permettent de faire apparaître, entre parcelles traitées et non traitées, des différences très appréciables. Sur riz, on considère généralement que les insectes endophytes provoquent une perte moyenne de une tonne à l'hectare, c'est-à-dire plus du quart de la production.

Le maïs montre des possibilités remarquables de résistance : de fortes attaques tardives peuvent n'entraîner que de faibles pertes alors que l'essentiel du dégât interviendra sur les tiges jeunes qui auront plus ou moins disparu au moment de la récolte. Au Nigéria, il suffit d'une ou deux larves de *Busseola* attaquant des plants de 20 cm pour entraîner une perte de 25 p. 100 de récolte.

Il en est de même pour le mil ou le sorgho dont la forte masse végétative peut supporter des infestations importantes de chenilles endophytes sans grand dommage pour la récolte alors que des populations plus faibles peuvent entraîner l'arrêt de la montaison lorsqu'elles interviennent en début de culture.

Ces problèmes ont été fort peu abordés jusqu'à présent. Les travaux les plus développés concernent l'étude de la dynamique des populations d'insectes au cours d'une saison et n'établissent pas de liaison entre la variation de l'infestation, l'âge de la plante et son incidence sur la récolte. Il nous paraît indispensable que des études écologiques approfondies soient développées afin de faire apparaître les répercussions des attaques des foreurs des graminées sur les rendements et de définir une méthodologie d'évaluation des pertes : bases nécessaires à toute entreprise de lutte ⁽¹⁾.

I. — PRINCIPAUX FOREURS DES GRAMINÉES EN AFRIQUE DE L'OUEST

Les insectes endophytes des graminées appartiennent à deux ordres : Diptères et surtout Lépidoptères. Dans la suite de cet exposé il ne sera traité que de ces derniers. En Afrique francophone l'inventaire des principaux ravageurs a été établi dans ses grandes lignes mais il convient de mieux définir leur répartition géographique, leur importance relative et les différents végétaux hôtes. En voici l'essentiel :

⁽¹⁾ Une tentative dans ce sens a été faite par G. NONVEILLER au Cameroun sur maïs (Rapport non publié, École fédérale supérieure d'Agriculture de N'Kolbisson (sept. 1967)).

Sur riz

Le Lépidoptère le plus généralement répandu est *Chilo zacconius* BLESZ. sp. n. décrit antérieurement sous le nom de *Proceras africana* A. Cette espèce très fréquente est susceptible de s'attaquer aux jeunes talles (dead heart), comme aux tiges fructifères dont elle provoque l'avortement (white heads). Elle est présente au Sénégal, au Mali, en Côte-d'Ivoire, au Dahomey. Le « borer blanc » *Maliarpha separatella* RAG. est spécifique du genre *Oryza*. Il se rencontre également dans toute l'Afrique de l'Ouest mais plus abondamment là où la riziculture est maintenue pendant une partie importante de l'année (deux cultures par an). Enfin *Sesamia calamistis* HAMPS, polyphage est fréquent sur riz notamment en rizières de plateaux où il provoque des dégâts analogues à ceux de *Chilo*.

Sur maïs

Busseola fusca FULLER est la noctuelle la plus largement distribuée en Afrique au sud du Sahara ; elle est d'une grande importance économique pour cette culture.

Eldana saccharina WLK (Pyralide) est très fréquente également au Sénégal, en Côte-d'Ivoire et en Uganda.

Parmi les noctuelles du genre *Sesamia*, on relève principalement *Sesamia calamistis* HAMPS au Sénégal, Côte-d'Ivoire et Dahomey et *Sesamia botanophaga* T. et B., au Ghana, Togo, Nigéria.

Sur mil

Acigona ignefusalis HAMPS. est la pyrale de beaucoup la plus abondante dans l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest, particulièrement au Sénégal oriental et au nord du Nigéria. Nous trouvons également sur mil *Eldana saccharina*, *Manga basilinea* B. et *Sesamia* spp.

Sur sorgho

On rencontre les mêmes foreurs que sur maïs.

Busseola fusca paraît le plus important (90 p. 100 de tous les borers récoltés au Nigéria en 1968) suivi par *Eldana saccharina* et *Sesamia* sp.

La canne à sucre

En Afrique, elle est encore peu cultivée. Tout au plus a-t-on signalé sur elle *Sesamia* sp. et *Eldana saccharina*.

D'autres pyrales et noctuelles se rencontrent sur ces graminées. Ce sont *Sesamia poephaga*, *Chilo diffusilineus*, les genres *Pediasia*, *Adelpherupa*, *Scirpophaga*, *Leucania pinna* et *parasitica*, mais leur répartition est mal connue. Une grande confusion existe dans la distribution de tous ces Lépidoptères et la connaissance de leurs plantes hôtes, due avant tout aux difficultés de leur identification. Nous possédons cependant une révision du genre *Sesamia* établie par TAMS et BOWDEN (1952), des descriptions valables d'*Acigona*, *Busseola*, mais la plupart des identifications ne sont possibles que par l'étude des génitalia mâles alors que sur le terrain, c'est la chenille ou la chrysalide que l'on rencontre le plus facilement. Les descriptions de ces stades

sont généralement éparses de sorte que peu d'entomologistes parviennent à reconnaître facilement les principales espèces sur le terrain. Si on ajoute à cette difficulté le fait que les chenilles du type « borer rose » comprennent les espèces des genres *Busseola*, *Sesamia* sp. et *Manga*, il paraît fort désirable d'établir les clefs d'identifications de ces différentes larves. Enfin, d'autres genres tels que *Chilo* ne sont pas encore en cours de révision. La systématique des borers des graminées reste donc encore à achever. Je m'emploie pour ma part à la préparation d'un relevé iconographique des chenilles et chrysalides des principaux foreurs de l'Afrique de l'Ouest.

La biologie de ces principaux foreurs commence à être connue dans ses grandes lignes. Pour l'Afrique francophone (Sénégal et Soudan) RISBEC établit de 1938 à 1954 un inventaire des principaux borers et de leurs parasites tout en donnant les premiers éléments de leur biologie. APPERT apporte ensuite quelques précisions supplémentaires (1964). Depuis 1965, au cours de plusieurs missions, BRENIÈRE précise leur répartition au Sénégal, Mali, Côte-d'Ivoire et Dahomey (1969) et étudie les effets des dégâts d'*Acigona* sur mil (1967, 1969 a, 1969 b, BRENIÈRE et COUTIN, 1968). En 1967 NONVEILLER donne une première étude sur la répartition des attaques des foreurs de tiges de maïs au Cameroun (NONVEILLER, 1967).

Notons également les travaux effectués à Madagascar sur les foreurs du riz *Maliarpha* et *Sesamia* par APPERT et BRENIÈRE qui sont également exploitables en Afrique.

En Afrique anglophone les études biologiques et écologiques sont plus avancées :

Busseola fusca est l'espèce la plus étudiée. En 1957 et 1959 sa biologie et son écologie sont abordées par SWAINE et SMITHERS au Tanganyika et en Rhodésie (SMITHERS, 1959 ; SWAINE, 1957). En 1960, NYE en précise le parasitisme observé en Afrique de l'Est (1960). En 1962 HARRIS en donne la répartition au Nigéria et étudie l'évolution des populations larvaires résiduelles pendant la saison sèche (1962, 1964).

INGRAM pour l'Ouganda établit la répartition des foreurs, la liste de leurs plantes hôtes et précise la biologie de certains d'entre eux. NYE en fait de même pour l'Afrique de l'Est et fournit l'inventaire des parasites naturels. En 1968, ENDRODY YOUNGA procède sur *Sesamia botanophaga* TAMS et BOWDEN à une étude sur la croissance et la dynamique de son peuplement en fonction des variations annuelles du climat (1968).

Ces travaux importants sur le plan de l'écologie donnent des indications sérieuses sur le cycle, les dynamiques de populations, les diapauses, notamment pour *Busseola*, mais font ressortir la complexité et la variabilité des problèmes et l'étendue des données qui restent à acquérir si l'on veut connaître les bases de l'avertissement, de la prévention et de la lutte.

De plus la dépendance étroite des dynamiques de populations aux facteurs édaphiques et aux systèmes culturaux, nécessite des études régionales limitées à chaque écosystème lorsque l'on cherche à déboucher sur des données pratiques utilisables pour la lutte. Tout au moins y aurait-il autant d'analyses écologiques à approfondir qu'il existe de modèles de complexes culturaux manifestation distincts à partir desquels il serait possible d'extrapoler sans trop de risques les fondements de la prévention ou de la lutte.

II. — LES ÉTUDES EN VUE DE LA LUTTE

La lutte contre des insectes endophytes est, par essence même, difficile. De plus, nous savons que les infestations peuvent être d'importance très variable rendant en général aléatoire une méthodologie basée sur un programme fixe d'interventions. La lutte chimique est, pour sa part, d'autant plus difficile à proposer que la grande majorité des graminées est cultivée par un paysannat traditionaliste peu évolué dans des conditions agronomiques de très bas niveau et hors de toute notion de rentabilité et d'investissement. Commencée en stations agronomiques pour la protection des expérimentations, la lutte chimique cherche à s'étendre à des structures améliorées. Pour le moment, la diffusion des variétés hautement productives ne débute qu'en matière de maïs et de riz. En Afrique on ne vulgarise pas encore, pour le maïs, l'emploi de granulés de Lindane, D D T ou de Diazinon qui, on le sait, peuvent réduire les infestations lorsqu'ils sont appliqués à temps, car même dans le cas de la protection du maïs (Pyrale et Sésamie) en Europe, on hésite à généraliser l'adoption de un à deux épandages qui ne sont rentables que si plus de 50 p. 100 des tiges sont attaqués. En 1967, au Tanganyika, SWAINE obtient le contrôle de la première génération de *Busseola* sur jeune maïs par poudrages de D D T à 2,5 p. 100 appliqués 4 fois à une semaine d'intervalle. Il n'obtient de résultats rentables que si ces mesures s'appliquent à un sol fertile, une culture régulière et lorsque la pluviométrie est convenablement répartie (SWAINE 1957). En riziculture, l'impact des foreurs des graminées, Lépidoptères et Diptères, ainsi que celui des défoliateurs qui peuvent intervenir en début de culture, justifie plus facilement que pour les autres graminées la recherche de méthodes chimiques de lutte. Les programmes d'extension de la riziculture dans toute l'Afrique de l'Ouest font une large part à l'adoption de variétés hautement productives en riz irrigué. Les études qui tendent à l'utilisation rationnelle de granulés additionnés à l'eau de la rizière (Lindane, Diazinon, Birlane, etc.) ont été dernièrement poussées en Côte-d'Ivoire et au Sénégal (Casamance). Les traitements sont efficaces et rentables. Il convient cependant d'en poursuivre la mise au point en fonction des conditions locales. Par contre, les riz de plateau ou le riz flottant, semblent plus difficilement justifiables des interventions chimiques.

Sur mil et sorgho, seule la protection des essais agronomiques ou variétaux paraît justifiable de la lutte chimique. La haute taille et l'abondance de la masse végétative de la plupart des variétés cultivées actuellement, hors de proportion avec leur faible productivité, rendent *à priori* les traitements coûteux et peu réalisables en dehors des toutes premières semaines de leur développement.

A la lutte chimique on préfère substituer les méthodes culturales. En général, on tente d'éviter une trop grave incidence de la 2^e génération sur une végétation encore en cours de montaison. Les semis précoces de variétés hâtives sont préconisés dans ce but. Mais le plus souvent en général, plusieurs modes de culture coexistent dans le même habitat. Au Sénégal, les mils *Souna*, variétés à cycle court et sensibles, sont accompagnés de la culture du mil *Sanio* dont la végétation se poursuit tard jusqu'au début de la saison sèche et héberge ainsi une troisième géné-

ration d'*Acigona ignefusalis*. En Haute-Volta, les variétés de sorgho rouges précoces avoisinent les sorghos blancs plus tardifs. Dans le cas de cultures irriguées de maïs, ou désaisonnées dans les zones d'inondation des fleuves, les générations de « borers » se développent continuellement en passant de la culture de bas-fond de contre-saison à celle du plateau environnant en saison des pluies.

Ailleurs, on a cherché à mettre à profit la saison sèche pour accélérer le processus d'élimination des résidus de culture qui hébergent les larves ou nymphes en diapause (*Busseola* et *Acigona*). Toutefois, les paysans conservent souvent ces chaumes pour la construction des maisons ou des barrières dans les villages et il n'est pas possible de faire brûler la totalité des tiges sèches.

Un autre problème apparaît avec le développement de variétés améliorées. En général, les plantes rustiques à développement végétatif abondant sont les plus résistantes. HARRIS observe que les variétés de maïs hautement productives, introduites au Nigéria, semblent plus sensibles aux attaques de foreurs que les variétés locales. De même, les sorghos nains à tiges fines dérivés des sorghos américains sont plus sensibles que les variétés locales à tiges épaisses et de grande taille. L'amélioration du mil est encore à ses débuts, elle consiste essentiellement dans la recherche d'une plante de structure très différente du mil traditionnel qui possède moins de paille pour plus de grains. On est parvenu au Sénégal à obtenir par irradiation des mutants intéressants à tiges fines et à port court de bonne productivité. Reste à savoir dans quelle mesure ces nouveautés seront sensibles aux chenilles endophytes. Le mil *Souna* précoce à tige relativement cassante est plus sensible que le *Sanio* à cycle plus long qui de ce fait héberge cependant deux ou trois générations d'*Acigona* (observations Sénégal BRENIÈRE) mais qui possède de très grandes et très fortes tiges qui lui permettent de supporter sans grand dommage des attaques massives.

Il en est de même en matière de riz. En 1969, nous avons observé sur riz de plateaux au Sénégal de fortes différences entre la sensibilité des variétés à l'égard de *Chilo zacconius*. Ici encore les variétés introduites sont souvent les plus sensibles. Les tiges épaisses à grande paille sont évidemment les plus résistantes mais c'est un caractère primitif souvent en contradiction avec la productivité et qui se rencontre effectivement sur les riz locaux. Ce problème est important en riziculture pluviale car ici les interventions chimiques ne seront pas régulièrement rentables.

En riziculture irriguée le processus est le même mais ici la haute rentabilité des variétés importées d'Asie du Sud-Est (*Taichung*, *Tainan*, IR 8) compense leur sensibilité et justifie leur protection par voie chimique.

Les efforts des sélectionneurs doivent être très étroitement en rapport avec ceux des entomologistes, tant en ce qui concerne l'élimination des variétés les plus sensibles que la recherche de cycles végétatifs permettant à la plante d'échapper aux plus fortes attaques.

La plupart des foreurs possède une large distribution de plantes hôtes. La connaissance de ces hôtes intermédiaires permet rarement d'envisager une lutte préventive efficace basée sur leur seule destruction. Mais bien qu'il soit difficile d'influer sur les peuplements de ces végétaux dans la brousse dont l'influence domine souvent le milieu agricole africain, l'étude écologique des borers hors des végétaux cultivés peut à la fois expliquer le dynamisme de leurs populations et constituer la base de la recherche de leurs parasites naturels, tant des entomopathogènes que des entomophages.

Les entomopathogènes sont fréquents mais peu connus. HARRIS, à Samaru, trouve en 1962 sur *Busseola fusca* : *Bacillus thuringiensis*, *Aspergillus flavus* et *A. sydowii*, et sur *Acigona ignefusalis* : *Metarrhizium anisopliae* (HARRIS, 1962). Dans ce domaine tout est à faire. La sensibilité des borers des graminées africaines à l'égard de *Bacillus thuringiensis* n'a pas été approfondie.

Les virus offrent un champ très large aux investigations. Ils commencent à prendre un grand intérêt en Afrique de l'Ouest grâce aux travaux des entomologistes de l'I. R. C. T. à Bouaké (Côte d'Ivoire) qui ont décelé et étudié une virose nucléaire chez *Heliothis* et une granulose chez *Argyroproctus*. De telles études devraient s'étendre aux borers des graminées.

Les entomophages ont, par contre, été davantage prospectés parallèlement aux études écologiques. Les ressources de l'Afrique dans ce domaine sont importantes. L'inventaire n'en est cependant pas encore complet et surtout on ignore souvent l'importance et le dynamisme de chaque antagoniste naturel. Les problèmes entomologiques de la canne à sucre en Afrique de l'Ouest sont encore mineurs, aussi nous n'insistons pas ici sur le rôle prépondérant pris par la lutte biologique au moyen des entomophages en matière de lutte contre les chenilles endophytes de la canne dans le monde. Cependant l'exemple de cette culture montre bien comment, lorsque l'on y met les moyens, on peut exploiter avantageusement les entomophages.

Maliarpha separatella RAG. est une espèce essentiellement africaine et malgache. A Madagascar, elle est parasitée par 3 braconides et un scelionide oophage, *Telenomus* sp. Ce dernier n'a pas été jusqu'à présent signalé en Afrique de l'Ouest. Par contre, en Sierra Leone et au Sénégal on a observé sur *Maliarpha* un Betylide, *Goniozus* sp. et surtout *Scenochorops* sp. qui n'ont pas été trouvés à Madagascar.

Busseola fusca, uniquement africain, possède une gamme étendue de parasites : parmi eux, *Sturmiopsis parasitica* C. (tachinide) détruit en Rhodésie plus de 50 p. 100 des larves (SMITHERS, 1959). *Platytenomus* (*Telenomus*) *busseolae* (scelionide) en Afrique de l'Est qui parasite souvent jusqu'à 50 p. 100 des œufs, a pu être élevé en laboratoire (MILNER, 1967). Le Braconide *Apanteles sesamiae* C. dont la présence est générale dans les régions humides d'Afrique de l'Est peut être considéré comme pouvant jouer un rôle important dans le contrôle de *Busseola*. Des *Apanteles* sp. sont récoltés également en Afrique de l'Ouest sur les genres *Chilo* et *Sesamia* mais il est actuellement impossible d'en obtenir l'identification exacte.

Sesamia calamistis est lui aussi africain. Il existe toutefois à Madagascar, Maurice et la Réunion. Une liste importante de parasites s'y rattache, parmi lesquels on retrouve *Apanteles sesamiae* et *Sturmiopsis parasitica*. A l'île Maurice, l'introduction d'*Apanteles sesamiae* a donné quelques résultats. A Madagascar, tout récemment, l'eulophide, *Pediobius furvus* G., a été introduit d'Ouganda et s'est bien acclimaté à *S. calamistis*.

Le genre *Chilo* est très abondant. Nous avons vu que sa révision est en cours, ce qui gêne considérablement l'établissement de listes de parasites valables.

D'une manière générale, les inventaires des parasites des foreurs sont effectivement compliqués par les difficultés d'identification de leurs hôtes et pour certains

d'entre eux on ne peut parvenir à identifier que le genre. Ces difficultés ajoutées aux erreurs d'identification rendent très délicat l'établissement de listes de parasites et leur confrontation.

C'est ainsi que *Platytenomus busseola* (*Telenomus*) GAL. parasite de *Busseola*, peut être rapporté à *Telenomus hylas* NIXON, parasite de *Sesamia* et pourrait être rapproché de *Telenomus* sp., parasite de *Maliarpha* à Madagascar dont on ignore la spécification exacte.

Cette complexité s'accroît encore lorsque l'on veut étudier les possibilités d'introduction de parasites en provenance du continent asiatique, notamment, ceux qui sont pour leur part inféodés à d'autres foreurs des mêmes genres ou de genres très voisins.

Quelques mises en ordre sur le plan bibliographique ont été effectuées depuis quelques années par L. NICKEL (1964) sur le plan mondial en ce qui concerne les parasites des borers du riz, par MILNER (1967) pour les parasites des graminées en Afrique de l'Est, par V. P. RAO en ce qui concerne la lutte biologique contre les borers de la canne à sucre dans le vieux monde (1969 *a* et *b*). De tous ces travaux, il ressort qu'un très grand effort de reclassement et de révision reste à faire à la fois de la part des systématiciens spécialistes des entomophages et des biologistes de terrain. Un catalogue général international serait à établir auquel contribueraient des chercheurs de tous pays et pour lequel il conviendrait de rassembler les données bibliographiques mais surtout de contrôler et de confronter les identifications originales, établir les rapprochements et centraliser les informations. L'O. I. L. B. paraît tout indiqué pour l'organisation d'une telle tâche.

Les échanges internationaux en matière de parasites des borers ont concerné essentiellement les régions où une activité de recherche a pu se développer : île Maurice, Indes, Philippines, Afrique de l'Est, Madagascar. Ils mériteraient d'être étendus à l'Afrique de l'Ouest qui manque encore de laboratoires et de chercheurs dans ce vaste domaine. Les recherches doivent s'étendre également à l'exploitation des tropismes ou du comportement : utilisation des attractifs sexuels ou chimiques pour lesquels les études de base restent à faire.

Un premier pas consiste dans la réalisation d'élevages des foreurs sur milieux artificiels. Notre laboratoire central y travaille depuis quelque temps et a obtenu pour *Sesamia calamistis* de bons résultats qu'il faut encore améliorer. Lorsqu'il sera possible d'élever facilement les principaux d'entre eux, non seulement ceci permettra de réaliser plus facilement les études et les multiplications de leurs parasites, mais aussi de faire participer aux recherches de bases des institutions et des spécialistes de tous pays.

III. — CONCLUSIONS

L'ensemble des problèmes soulevés par la lutte contre les foreurs des graminées en Afrique se rattache à une meilleure connaissance de leur écologie. Dans ce but, un effort particulier est à faire en matière d'études de base tant sur le plan de la systématique des borers eux-mêmes et de leurs parasites, que sur celui de leur comportement, de leurs diapauses et de leurs tropismes.

Les moyens d'intervention dont nous disposons actuellement sont plus préventifs

que curatifs. Les premiers sont pour certains d'entre eux en contradiction avec les améliorations agronomiques ou variétales désirées. Les deuxièmes sont onéreux, difficilement vulgarisables parmi un paysan pauvre et peu évolué.

Les moyens biologiques de lutte ont été jusqu'à présent fort peu exploités. Malgré leurs impératifs ils nous semblent constituer la meilleure solution pour l'avenir dans la mesure où ils n'engagent que des équipes de spécialistes et réduisent au minimum l'intervention directe de l'agriculteur. Il s'agit de rechercher des solutions nouvelles qui ne se limitent pas à l'exploitation rationalisée des entomophages ou des entomopathogènes, mais font appel également aux autres solutions biologiques comme l'emploi des attractifs sexuels ou chimiques. Là encore les bases biologiques et écologiques seront nécessaires.

Il s'agit enfin de préparer l'alimentation africaine de l'an 2 000 qui, on peut le prévoir dès à présent, restera encore largement fondée sur les graminées de grande culture. Pour cela, il faut des laboratoires et des équipes sur le terrain, mais aussi des programmes internationaux répartissant les tâches entre les chercheurs de terrain et les spécialistes de tous pays, systématiciens ou biologistes.

Reçu pour publication en juillet 1971.

SUMMARY

THE PROBLEMS OF GRASS BORERS IN WEST AFRICA

The economic importance of grass borers in West Africa is outlined by the author which lists also the main pests of rice, corn, sorghum and sugar cane. The control attempts against these insects are then reported. Chemical control in a low level agriculture is too expensive. That is why cultural processes are preferred. The implementation of improved varieties is confronted with the fact that hardy plants are the most resistant ones.

From the biological control view point, investigations on the possibility of using microorganisms are very little advanced. On the other hand, entomophagous insects have been more investigated, simultaneously with ecological studies. But records of grass borers parasites are complicated by difficulties in the host identification. A general catalogue ought to be established on an international basis. International exchanges of grass borers parasites have covered areas where a research activity could be developed : Mauritius, India, Philippines, East Africa, Madagascar. They should be extended to West Africa where laboratories are still lacking in this wide area. A first step consists in rearing the pest on an artificial diet. Good results have been achieved for *Sesamia calamistis*.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANON., Annual report 1963-1964. Crops Research Institute, Ghana.
- APPERT J., 1964. Les chenilles mineuses des céréales en Afrique Tropicale. *Agro. Trop.* (1), 60.
- APPERT J., 1969. Note sur l'introduction à Madagascar d'un parasite des borers roses. *Publiée pour la réunion du Comité de Collaboration inter-îles.*
- APPERT J., 1970. *Maliarpha separatella* (borer blanc du riz). Observations nouvelles et rappel des problèmes entomologiques du riz à Madagascar. *Agro. Trop.*, 25, 329.
- BOWDEN J., 1956. New species of African Stem boring (Agrotidae.) *Bull. Ent. Res.*, 47, 415.
- BOX H. E., 1953. List of Sugar Cane insects. A synonymic catalogue of the Sugar Cane Insects and mites of the world, and of their insects Parasites and predators, arranged systematically. *Comm. Inst. Ent.* Londres, 101 p.
- BRENIÈRE J., 1966. Dix années de recherches sur les ennemis du riz en Afrique francophone et à Madagascar. *Agro. Trop.* 21 n° 4.

- BRENIÈRE J., 1967. Sur le problème des chenilles endophytes du riz au Mali. *Rapport de mission*.
- BRENIÈRE J., 1969a. Importance des problèmes entomologiques dans le développement de la riziculture de l'Afrique de l'Ouest. *Agro. Trop.*, **24**, 906.
- BRENIÈRE J., 1969b. Rapport de mission en Côte-d'Ivoire. (septembre-octobre).
- BRENIÈRE J., COUTIN R., 1968. Observations entomologiques sur les borers du mil au Sénégal oriental. *Rapport de mission*.
- BRENIÈRE J., RODRIGUEZ H., RANAIVOSOA H., 1962. Un ennemi du riz à Madagascar. *Maliarpha separatella* R. ou borer blanc. *Agro. Trop.*, **17**, 223.
- CARESCHÉ L., BRENIÈRE J., 1962. Les insectes nuisibles à la canne à sucre à Madagascar. Aspects actuels de la question. *Agro. Trop.*, **17**, 608.
- DESCAMPS M., 1956. Insectes nuisibles au riz dans le Nord-Cameroun. *Agro. Trop.*, **11**, 732.
- HARRIS K. M., 1962. Lepidopterous stem borers of cereals in Nigeria. *Bull. Ent. Res.*, **53**, 139.
- HARRIS K. M., 1964. Annual variations of dry-season populations of larvae of *Busseola fusca* F. in Northern Nigeria. *Bull. Ent. Res.*, **54**, 643.
- INGRAM W. R., 1958. The lepidopterous stalk borers associated with graminaceous in Uganda. *Bull. Ent. Res.*, **49**, 367.
- I. R. R. I., 1964. The major insect Pests of the rice plant symposium, septembre 1964.
- JEPSON W. F., 1954. A critical review of the world literature on the lepidopterous stalk borers of tropical graminaceous crops. *Comm. Inst. Entom. London*.
- JERATH M. L., 1968. Parasites of sugar cane stem borers in Nigeria. *J. Econ. Ent.*, **61**, 435.
- JERATH M. L., 1968. Seasonal abundance and distribution of sugar cane stem borers in Nigeria. *J. Ec. Ent.*, **61**, 593.
- MARTIN E. L., 1958. Note on some rice stem borers with the description of a new species of *Chilo* Z. *Bull. Ent. Res.*, **49**, 187.
- MILNER J. E. D., 1967. Final report on a survey of the parasites of graminaceous stem borers in East Africa.
- MOHYUDDIN A. I., 1968. Investigation of natural enemies of lepidopterous stem borers of graminaceous crops in East Africa (Tanzania). *Rep. of work carried out during 1968*, C.I.B.C., p. 15.
- NICKEL J. L., 1964. Biological control of rice stem borers. *I. R. R. I. Techn. Bull.*, **2**.
- NONVEILLER G., 1967. Recherches sur la protection du maïs en culture et en entreposage. Cameroun. *Rapport technique* n° 31.
- NYE I. W. B., 1960. The insect pests of graminaceous crops in east Africa. *Colonial Resch. Studies* n° 31.
- RAO V. P., 1969a. Biological control of stalk moth borers in the old world. Part 1. *Ind. Stugar.*, **18**, n° 11, 19.
- RAO V. P., 1969b. Biological control of stalk moth borers in the old world. Part 2. *Ind. Sugar.*, **18**, n° 12, 1.
- RISBEC J., 1950. La faune entomologique des cultures au Sénégal et au Soudan français.
- RISBEC J., 1956. Les parasites des insectes borers du riz au Cameroun. *Agro. Trop.*, **11**, 234.
- RISBEC J., 1960. Les parasites des insectes d'importance économique en Afrique Tropicale et à Madagascar. *Agro. Trop.*, **15**, 624.
- SCHMUTTERER H., 1969. Pests of crops in Northeast and Central Africa. G. Fisher Verlag, Stuttgart, 296 p.
- SMITHERS C. N., 1959. Some recent observations on *Busseola fusca* in Southern Rhodesia. *Bull. Ent. Res.*, **50**, 809.
- SWAINE G., 1957. The maize and sorghum stalk borer *Busseola fusca* in peasant agriculture in Tanganyika Territory. *Bull. Ent. Res.*, **48** p. 711.
- TAMS W. H. T., BOWDEN J., 1952. A revision of the African species of *Sesamia* and related genera. *Bull. Ent. Res.*, **43** 645.
- USUA E. J., 1968. Effect of varying populations of *Busseola fusca* on the growth and yield of maize. *J. Ec. Ent.*, **61**, n° 2, p. 375.
- WILLIAMS J. R., et al., 1969. Pests of Sugar cane. Elsevier Publishing Cie. London.
- WYNIGER R., 1962. Pests of crops in Warm Climats and their control. Verlag für Recht und Gesellschaft, Bâle, 555 p.
- YOUNGA S. E., 1968. The Stem borer *Sesamia botanophaga* and the maize crop in central Ashanti, Ghana. *Ghana J. Agri. Sci.*, **1**, 2, p. 103.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE BIOLOGIQUE DE *ZETZELLIA MALI* EWING (ACARINA: STIGMAEIDAE)

P. DELATTRE

Station centrale de Zoologie,
Centre national de Recherches agronomiques, I. N. R. A.,
78 - Versailles

RÉSUMÉ

L'efficacité prédatrice d'un organisme ne peut être reconnue que par la réalisation d'une étude écologique approfondie. Des observations, effectuées en vergers de pommiers, ont montré une certaine dépendance de *Zetzellia mali* vis-à-vis de *Panonychus ulmi* KOCH. Les éléments qui unissent ces deux acariens dans un même système biocénétique sont analysés.

L'inventaire des espèces prédatrices de *Panonychus ulmi* KOCH nous a révélé la présence, dans les vergers de pommiers, d'un certain nombre d'espèces susceptibles de contribuer à la limitation des populations de cet acarien phytophage. En vue d'établir un programme de lutte intégrée, l'étude de l'écologie des principales espèces prédatrices a été entreprise, notamment celle des acariens prédateurs parmi lesquels nous avons distingué *Zetzellia mali* EWING (Stigmaeidae).

BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE DE « *ZETZELLIA MALI* »

Position systématique

Les deux sous-ordres qui réunissent la presque totalité des acariens prédateurs sont :

— les *Mésostigmates*, dont la famille des *Phytoseiidae* groupe les prédateurs les mieux connus actuellement : *Typhlodromus*, *Phytoseiulus*...

— les *Trombidiformes* parmi lesquels nous distinguons quelques familles d'acariens prédateurs encore peu étudiées : les *Anystidae*, *Cunaxidae*, *Raphignathidae*, *Stigmaeidae*.

Cette dernière famille inclut *Zetzellia mali*, genre caractérisé morphologiquement par ses douze paires de soies dorsales et quatre soies tibiales portées par chacune des pattes IV de la femelle.

Cycle annuel

Deux à trois générations se succèdent dans l'année et sont normalement bisexuées à l'exception de la génération hivernante uniquement composée de femelles. Chaque sexe subit trois stases évolutives avant la stase adulte ; une stase larvaire (larve hexapode) et deux stases nymphales.

L'adulte est de taille réduite ($400\ \mu$ ♀ et $300\ \mu$ ♂) ; son corps est de couleur jaune à taches orangées passant par degrés successifs au rouge brique au cours du vieillissement de l'animal. Ce phénomène de pigmentation qui apparaît chez l'adulte est sans doute lié au passage du régime alimentaire partiellement végétal chez les jeunes stases au régime carnivore de l'adulte.

Les femelles hivernantes survivent à l'abri des anfractuosités naturelles de l'arbre qu'elles quittent au printemps pour gagner progressivement les rameaux de l'année précédente. Elles colonisent ensuite les jeunes feuilles, puis l'arbre entier. Les sorties d'hivernation se situent approximativement entre l'éclosion des œufs de *Bryobia* et celle de *Panonychus ulmi* ; cependant, elles sont très échelonnées et, de ce fait, l'action prédatrice du *Stigmaeidae*, à cette époque, reste réduite.

Au cours de la saison estivale, *Z. mali* est à même de participer à la limitation naturelle des populations d'acariens phytophages, comme l'ont montré les comptages réalisés sur un pommier où le prédateur présentait une densité élevée. Ces relevés effectués en fonction de l'orientation des branches charpentières et à différents niveaux de l'arbre et des rameaux de l'année, ont mis en évidence la migration des adultes jusqu'à l'extrémité des rameaux et la répartition régulière de l'espèce sur le végétal.

Régime alimentaire

En 1948, GARMAN soupçonne le caractère prédateur de l'espèce ; fait confirmé depuis par plusieurs auteurs.

a) *Nourriture animale*

Le régime alimentaire de ce *Stigmaeidae* est caractérisé par la diversité des proies attaquées. Celles-ci doivent cependant présenter les deux caractéristiques suivantes : forme arrondie et immobilité, incluant ainsi pontes et individus en période de mue (cependant, malgré leur forme, les *Eriophyidae* sont attaqués à tous les stades, sans doute à cause de leur faible mobilité). Ce sont ces deux caractères qui déclenchent chez l'animal aveugle, un réflexe de prise alimentaire. Ce réflexe est tel que l'Acarien réagit de façon identique à la rencontre de certaines excroissances foliaires et parfois même au contact de ses propres œufs. Dans cette dernière situation, son comportement reste inchangé au début de l'attaque, l'œuf étant placé entre les pattes antérieures et sous les pédipalpes de l'Acarien, mais après quelques « tâtonnements » le prédateur recule sans piquer l'œuf de ses stylets.

Au cours de cet acte se succèdent donc une perception de nature tactile qui détermine un réflexe de posture et une seconde stimulation sensitive, de nature indéterminée, décidant ou non de l'attaque.

De nombreuses familles d'acariens sont ainsi attaquées, telles les *Tetranychidae*, et les *Eriophyidae* (seule famille attaquée durant ses stades mobiles). Dans ce dernier cas, la détection de la proie se fait au contact d'un poil tactile des pattes antérieures, contact aussitôt suivi de l'immobilisation et de l'ingestion de l'Eriophyide.

Parfois les proies appartiennent à des ordres tout à fait différents, et des remarques relatives à de semblables variations de régime ont été faites, notamment par BERKER (1958) qui signale l'attaque d'œufs d'hiver de pucerons. De façon analogue, nous avons maintenu en survie des femelles hivernantes de *Z. mali* avec des œufs d'*Ephestia*.

b) Nourriture végétale

Les observations de BERKER concernant des femelles hivernantes s'alimentant sur pollen de pin au printemps ont pu être vérifiées à la suite de nos essais réalisés en élevage avec du pollen de pommier et de poirier. La seule autre nourriture végétale consommée fut la sève des feuilles aspirée occasionnellement par les jeunes individus et par les femelles au moment de leur sortie d'hivernation.

En aucun cas, cette nourriture ne permet d'assurer la ponte des femelles, ni le développement des jeunes stases, néanmoins, elle prolonge la durée de survie des individus placés dans des conditions défavorables au laboratoire et sans doute en est-il de même dans les conditions naturelles.

Influence des facteurs climatiques

Comparativement aux autres acariens des vergers, l'espèce semble moins sensible aux manifestations défavorables du climat, notamment celles à caractère catastrophique, telles les fortes précipitations, les brusques chutes ou augmentations de température.

L'exceptionnelle régularité des courbes évolutives jusqu'à la fin juin atteste cette résistance qui s'explique à la fois par sa résistance naturelle aux conditions extrêmes et par le mode de vie de l'animal, soustrait aux influences néfastes puisque *Z. mali* reste caché sous les replis des nervures dont il ne s'éloigne que pour s'alimenter.

Compétition et ennemis naturels

Les prédateurs d'acariens sont nombreux dans la nature et appartiennent à des groupes d'insectes très différents :

Coléoptères Coccinellides, comme *Stethorus punctillum* WEI, Staphylinides..., Hémiptères Mirides et Anthocorides, Thysanoptères Thripides..., ou à d'autres familles d'acariens, particulièrement les Phytoseiides (Typhlodromes), et également à certaines espèces d'Aranéides encore peu connues.

Parmi ces prédateurs, certains entrent en compétition avec *Zetzellia mali* et dans certains cas (les Hémiptères notamment) éliminent la quasi-totalité des acariens phytophages des vergers. D'autres sont à la fois concurrents et ennemis.

Les premiers n'ont que peu d'influence sur les populations de *Z. mali* qui résis-

tent assez bien au manque de nourriture et se maintiennent sur le végétal. L'influence des seconds étant impossible à évaluer sur le terrain, nous avons examiné au laboratoire les espèces prédatrices de *P. ulmi* les plus couramment rencontrées dans le verger. Notre essai a consisté à présenter à chaque prédateur, en premier lieu des individus de ce *Stigmaeidae* et de *P. ulmi* adultes, puis des *Zetzellia* seuls.

	Espèces	<i>Panonychus ulmi</i>	<i>Zetzellia mali</i>
<i>Miridae</i>	<i>Atractotomus mali</i> MEY.-D. adultes	+	0
	<i>Heterotoma meriopterum</i> SCOP. adultes	++	0
	<i>Malacocoris chlorizans</i> PANZ. larves, nymphes, adultes	+++	+++
	<i>Pilophorus perplexus</i> D. et S. adultes.....	+++	0
<i>Anthocoridae</i>	<i>Anthocoris nemorum</i> L. larves, nymphes et adultes .	++	0
	<i>Orius minutus</i> L. larves, nymphes et adultes	+++	0

+++ Consommation de tous les individus présentés.

++ — d'au moins la moitié des individus présentés.

+ — de moins de la moitié des individus présentés.

0 — nulle.

Seule l'une des espèces examinées, *Malacocoris chlorizans*, s'est révélée prédatrice du *Stigmaeidae*, mais même dans ce cas, son action fut diminuée de moitié lorsque les individus de *Z. mali* furent mêlés à une population abondante de *P. ulmi*. Dans la nature, les observations révélant une diminution des populations de *Stigmaeidae* fin juillet, ont confirmé la faible influence de ces ennemis naturels jusqu'à ce moment de l'année où les Hémiptères prédateurs sont le plus nombreux, tandis que les phytophages (*P. ulmi* et *Eriophyidae*) disparaissent du verger. A cette époque, *Z. mali* maintient sa population à un niveau qui devrait suffire à rétablir des effectifs normaux.

INTERPRÉTATION DU RÔLE DE « ZETZELLIA MALI »

Efficacité prédatrice

Les essais réalisés en serre sur jeunes pommiers (porte-greffes type SL 47) ont donné des résultats satisfaisants.

L'infestation fut pour l'un des lots de 10 *Panonychus*, pour l'autre de 10 *Stigmaeidae* et 10 *Panonychus*. Après quarante jours, la moyenne des formes mobiles de *Panonychus* par feuille sur témoin était dix fois supérieure à celle des lots infestés par les *Stigmaeidae*.

— Lot témoin sans prédateur : 22,6 *P. ulmi* par feuille.

— Lot avec prédateur : 2,8 *P. ulmi* par feuille.

tandis que la moyenne des formes mobiles de *Z. mali* dans ce dernier cas, était de 11,8 individus par feuille.

Influence des traitements

Il est généralement constaté (BERKER, 1958, DOSSE, 1967, PARENT et LEROUX, 1956) que *Zetzellia mali* disparaît des vergers entretenus et ne maintient de populations stables que dans les vergers abandonnés. L'utilisation de ce prédateur dans un verger de type commercial nécessite donc préalablement la définition d'un programme de lutte intégrée. Dans ce but, nous avons commencé sur le terrain une expérimentation qui sera poursuivie et complétée par des études parallèles au laboratoire.

Dans une première parcelle expérimentale de trente arbres (variétés *Golden delicious* et *Reine des Reinettes*, taillées en godets) nous avons étudié l'action de trois produits commerciaux :

- un acaricide de synthèse : Tetrasul ;
- deux insecticides systémiques ayant une action acaricide : Déméton méthyl et Vamidothion.

Cette action paraît négligeable sur le prédateur.

Par contre, les comptages réalisés sur les parcelles d'un verger voisin traité régulièrement contre l'Oïdium et la Tavelure avec un mélange de Captane-Dinocap, ont montré la disparition progressive de *Zetzellia mali*, probablement par stérilisation. Dans ce cas, en effet, aucune ponte ne fut observée après trois traitements fongicides, malgré un effectif d'adultes comparable à celui des témoins. Chez ces derniers, les pontes étaient estimées à cette époque (début juin) à 150 œufs pour 100 feuilles.

Deux parcelles traitées respectivement avec Isolane et Phosalone liquide furent désertées par le *Stigmaeidae*.

Enfin, un traitement au DDT expérimenté en plein champ sur 12 arbres témoins, provoqua très rapidement une pullulation de *Panonychus ulmi* (9 fois celle des témoins non traités), tandis que *Zetzellia mali* disparaissait totalement après le deuxième traitement.

Trois mois plus tard (fin octobre), de nouveaux prélèvements, réalisés avant l'hivernation des femelles, révélaient la recolonisation des arbres traités au DDT par une forte population de prédateurs (de densité huit fois supérieure à celle des témoins). Cette augmentation de la population de *Zetzellia mali*, consécutive à celle des *Tetranychus*, est un phénomène biologique intéressant puisqu'il laisse supposer des rapports étroits entre le prédateur et sa proie dans les conditions naturelles. Il sera donc utile de préciser et d'interpréter plus finement les observations se rapportant à ces corrélations.

A l'influence des produits utilisés, s'ajoutent celles de la taille et de la désinfection des plaies de taille, ainsi que l'action indirecte des fongicides sur les parasites végétaux (lichens, mousses) servant d'abris naturels.

Dans tous les cas, l'influence des traitements fut contrôlée par des comptages effectués à l'aide d'une « brosse à acariens », méthode rapide permettant d'une part de différencier les nombreuses espèces d'acariens du verger, et d'autre part de distinguer les œufs des formes mobiles (larves, nymphes et adultes). Les populations de plus de 6 000 feuilles ont ainsi été brossées et dénombrées au cours des essais précédents.

CONCLUSIONS

Suivant la définition de RAMBIER, les *Stigmaeidae* se classent parmi les prédateurs de « protection » dont l'action de freinage et de régulation sur les populations de phytophages est souvent mise en évidence, par opposition aux prédateurs « de choc et de nettoyage », essentiellement les Hémiptères, dont l'activité plus temporaire est également plus brutale.

Cette première étude a mis en évidence certaines qualités de *Z. mali* en tant que prédateur de *P. ulmi*. Rappelons brièvement les caractères les plus intéressants de l'espèce :

- spécificité non stricte d'où une adaptation plus facile en cas de disparition du phytophage ;
- similitude des habitats et des cycles évolutifs du prédateur et du phytophage ;
- résistance naturelle élevée aux facteurs climatiques.

Pour assurer au mieux l'utilisation du prédateur, il est utile de définir un programme de lutte intégrée dont nous avons abordé ici les lignes générales.

Ceci nécessite notamment l'étude de programmes de traitements chimiques utilisant au mieux les différents acaricides. Notons tout de suite que l'emploi d'un acaricide ovicide tel que Tétrasil, appliqué précocement avant la sortie des femelles hivernantes, permet d'épargner ces dernières tout en réduisant considérablement le pourcentage d'éclosion des œufs d'hiver de *Panonychus ulmi*.

L'emploi de produits endotherapiques nous paraît de même très intéressant ; l'éventail des acaricides spécifiques permet de supposer qu'il existe encore de nombreux produits non testés susceptibles de figurer dans un programme de lutte intégrée.

D'autre part, certaines méthodes de lutte physique, tel le lessivage des acariens phytophages par aspersion, permettent de réduire les populations de ravageurs tout en épargnant le *Zetzellia mali* qui, en raison de son comportement, reste à l'abri des influences néfastes.

Enfin, la réinfestation des lieux abandonnés est possible et, dans cette optique, l'élevage de *Zetzellia mali* sera sans doute facilité par quelques caractéristiques de l'espèce :

- nombreuses possibilités d'alimentation du prédateur sur acariens phytophages ;
- résistance naturelle de l'animal d'où commodité de manipulation ;
- possibilité de stockage des individus.

De cette étude, il apparaît que l'action de *Z. mali* ne saurait être spectaculaire et que l'évaluation de l'efficacité du prédateur en plein champ nécessitera plusieurs années d'observations et de contrôles indispensables à la réalisation d'un équilibre entre les espèces.

L'obligation de définir les conditions optimales d'établissement et d'expansion des colonies de *Zetzellia mali* nous conduira à développer davantage encore les études biologiques et écologiques concernant ce prédateur.

Reçu pour publication en juillet 1971.

SUMMARY

CONTRIBUTION TO THE BIOLOGY OF *ZETZELLIA MALI* EWING
(ACARINA, STIGMAEIDAE)

The biocenotic survey of *Panonychus ulmi* KOCH predators shows that *Zetzellia mali* occurs under certain conditions as a key factor for natural population of the mite.

The ecological study undertaken is intended to specify the part played by this predatory mite. For this purpose, the effects of diet, climatic and biotic factors on the development have been particularly investigated.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAKER, E. W., WHARTON, G. W., 1952. *An introduction to acarology*. New York, 565 pp.
- BERKER J., 1958. Die natürliche Feinde der Tetranychiden. *Z. Angew. Entomol.*, **43**, 115-172.
- BOHM H., 1960. Investigations on the enemies of spider mites in Austria. *Pflanzenschutz.*, **25**, 23-46.
- COLLYER E., 1964. Phytophagous mites and their predators in New Zealand orchards. *New Zealand J. Agr. Res.*, **7**, 551-568.
- DOSSE G., 1967. Schadmilben des Libanons und ihre Predatoren. *Z. Angew. Entomol.*, **59**, 16-48.
- EWING H. E., 1917. New species of economic mites. *J. econ. Entomol.*, **10**, 497-501.
- GARMAN P., 1948. Mites species from apple trees in Connecticut. *Connecticut Agr. Expt. Stat. Bull.* **520** 19-20.
- GONZALES R. H., 1965. A taxonomic study of the genera *Mediolata*, *Zetzellia* and *Agistemus*. *Univ. Calif. Publ. Entomol.*, **41**, 1-64.
- HUFFAKER, VAN DE VRIE, MAC MURTRY, 1969. The ecology of Tetranychid mites and their natural control. *Ann. Rev. Entomol.*, **14**, 125-174.
- LORD F. P., 1949. The influence of spray programs on the fauna of apple orchards in Nova Scotia. Mites and their predators. *Canad. Entomol.*, **81**, 202-281.
- MATHYS G., 1954. Contribution éthologique à la résolution du complexe *Bryobia praetiosa* KOCH. (*Acar.*) *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.*, **27**, 137-146.
- MORGAN V.G., CHANT D.A., ANDERSON N.H., AYRE G.L., 1955. Methods for estimating orchard mite populations, especially with the mite brushing machine. *Canad. Entomol.*, **87**, 189-200.
- NESBITT H. H. J., 1946. Note on *Mediolata novae scotiae*. *Canad. Entomol.*, **78**, 15-18.
- PARENT A., LEROUX E. J., 1956. Note on *Mediolata mali* EWING (*Acaria* : *Raphignathidae*) as a predator of the European Red Mite. *Canad. Entomol.*, **87**, 487.
- PARENT B., 1960. Effets de certains produits antiparasitaires sur *Typhlodromus rhenanus* OUDMS et *Mediolata mali* EWING : deux acarions prédateurs du Tétranyque rouge du Pommier. *Ann. A. C. F. A.* **94**-95.
- PARENT B., 1967. Population studies of phytophagous mites and predators on apple in southwestern, Quebec. *Canad. Entomol.*, **91**, 771-778.
- RAMBIER A., 1969. Influence de traitements au D D T, au Parathion et au Carbaryl sur les ennemis naturels de *Panonychus ulmi*. *IV^e Symposium du Groupe de Travail de l'O. I. L. B. sur la lutte intégrée en vergers*, Avignon, 9-12 septembre 1969.
- SANDFORD K.H., HERBERT H.J., 1967. The influence of spray programs on the fauna of apple orchards in Nova Scotia XVIII - Predator and prey populations in relation to miticides. *Canad. Entomol.*, **99**, 689-696.
- SEPASGOSARIAN H., 1956. Morphologie und Biologie der gelben Apfelspinnmibbe *Eotetranychus pomi* n. sp. (*Ac. Tetranychidae*). *Z. Angew. Zool.*, **43**, 435-491.
- SUMMERS F. M., 1960. Several Stigmaeid mites formerly included in *Mediolata* redescribed in *Zetzellia* OUDMS., and *Agistemus* new genus. *Proc. Entomol. Soc. Wash.*, **62**, 233-247.

CROISSANCE LARVAIRE ET UTILISATION DE L'HÔTE CHEZ *PTEROMALUS PUPARUM* (HYM., CHALC.) : INFLUENCE DE LA DENSITÉ DE POPULATION

M. BOULETREAU

*Laboratoire d'Entomologie expérimentale et de Génétique,
Équipe associée au C. N. R. S., 16, Quai Claude-Bernard,
69 - Lyon*

RÉSUMÉ

Chez *P. puparum*, parasite de *Pieris brassicae*, l'essentiel de la croissance se déroule au cours du cinquième et dernier stade larvaire. Le poids des larves a été étudié en fonction de leur âge et de la densité de population. L'utilisation des tissus de l'hôte est d'autant plus poussée que les larves sont plus nombreuses. Elle atteint un maximum pour des densités d'une centaine d'individus. L'utilisation rapide de l'hôte par les larves nombreuses entraîne une mise au jeûne qui accélère leur métamorphose.

Pteromalus puparum est un chalcidien Pteromalidae parasite interne des chrysalides de *Pieris brassicae*. Cet hôte représente une quantité déterminée de nourriture et permet le développement d'un nombre variable de larves qui peut atteindre 300. Il n'est pas étonnant que, dans ces conditions, la densité de population constitue un facteur important du développement. Il a été montré (BOULETREAU et DAVID, 1967) qu'une augmentation de la densité de population larvaire entraîne une réduction de la taille des adultes et une accélération du développement sans que la mortalité soit nettement augmentée. L'interprétation précise de ces résultats exige une étude du déroulement de la croissance. Mais, comme le souligne BILIOTTI (1963), il n'est pas possible chez une espèce endoparasite de suivre individuellement le développement larvaire dans les conditions naturelles. Seules des méthodes indirectes peuvent être utilisées, comme par exemple la mesure de l'intensité respiratoire de l'ensemble hôte-parasite (BOULETREAU, 1971) ou l'élevage des larves en conditions artificielles (BOULETREAU, 1968).

A partir de dissections à des âges variés de chrysalides parasitées, le présent travail a cherché à étudier l'influence de la densité de population sur la croissance larvaire des parasites et sur l'utilisation alimentaire de l'hôte.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

La technique habituelle d'élevage a déjà été décrite (BOULETREAU et DAVID, 1967). Pour l'étude de la croissance larvaire, 160 chrysalides de *P. brassicae* en diapause ont été parasitées pendant 24 heures par des femelles vierges de *P. puparum* dont la descendance ne comporte que des mâles. Le nombre de femelles pondeuses a été choisi de manière à obtenir une variation importante de la densité de population. Après une période passée à 25°C, les chrysalides ont été disséquées, les larves parasites extraites et pesées globalement chaque jour.

Pour l'étude des stades larvaires, les chrysalides ont été mises en présence des femelles de *P. puparum* pendant 12 heures seulement, puis disséquées à intervalles de 12 heures. Les larves extraites ont été montées de façon à mesurer leurs mandibules et à examiner les exuvies restées fixées à la partie postérieure de leur corps.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Outre la détermination du nombre et de la durée des stades larvaires, les résultats ont permis d'obtenir un ensemble de données sur la croissance larvaire à différentes densités de population. L'étude portera successivement sur l'analyse de la variation du poids total de la population et du poids individuel des larves, ce qui conduit à la notion d'utilisation alimentaire de l'hôte.

1. — *Les stades larvaires*

Les larves de chalcidiens passent le plus souvent par cinq stades successifs (CLAUSEN, 1962). Morphologiquement, les différents stades sont très semblables et seul l'examen des parties sclérifiées permet de les distinguer. Les mandibules ont souvent été utilisées à cet effet (PARKER, 1924 ; CRANDELL, 1939).

Chez *Pteromalus*, seules les mandibules du premier stade ont une forme particulière (fig. 1, A), comme l'avait déjà noté PARKER (1924). Aux stades suivants (fig. 1, B), elles ne diffèrent entre elles que par la taille. Ce sont de fortes pièces sclérifiées grossièrement pyramidales, disposées transversalement à la partie ventrale de la tête. Elles encadrent la bouche et leur base externe s'articule par deux condyles sur les arceaux du squelette céphalique (fig. 1, C).

L'identification des stades est facilitée par le fait que les larves étant peu mobiles, on retrouve souvent leurs exuvies successives à la partie postérieure. Cinq stades ont été décelés et la mesure des mandibules correspondantes en a permis l'étude plus précise. Les longueurs des mandibules aux différents stades figurent dans le tableau 1.

On voit que la variabilité individuelle est assez forte et que les valeurs extrêmes se recouvrent pour les trois premiers stades. Mais les intervalles de sécurité ne se chevauchent pas et les valeurs moyennes sont assez différentes.

Ce travail biométrique permet de reconnaître les stades et d'étudier leur durée. Les pourcentages de larves ayant atteint un stade déterminé au moment où est effectuée la dissection (toutes les douze heures) figurent dans le tableau 2.

L'éclosion survient après 36 heures d'incubation. Les quatre mues larvaires se

produisent pendant les 36 heures suivantes et trois jours après la ponte, toutes les larves sont déjà au cinquième stade. C'est au cours du cinquième stade, qui est plus long que les quatre autres réunis, que se produit la phase de croissance rapide. Au

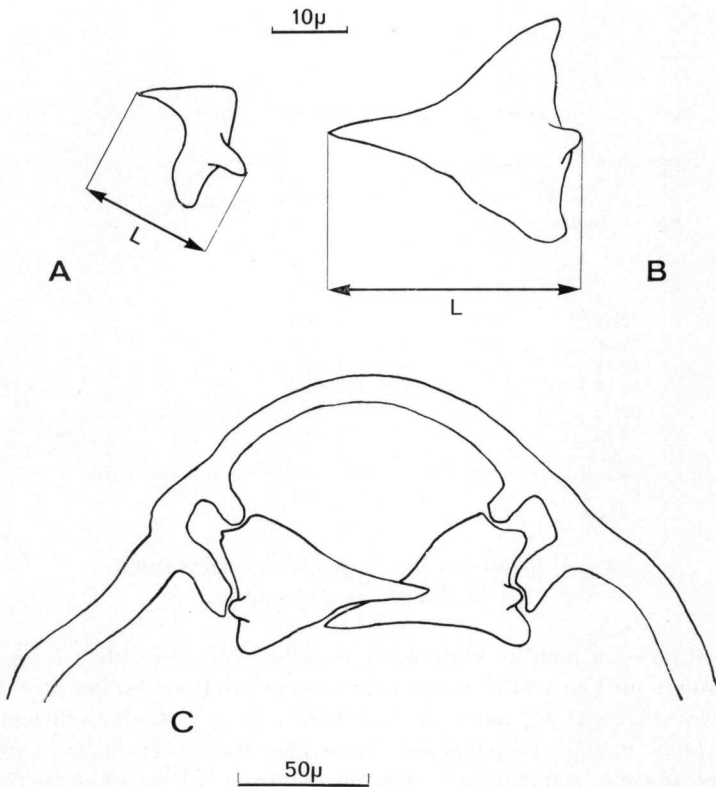


FIG. 1. — Morphologie des mandibules des larves de *P. puparum* à différents stades

A : 1^{er} stade larvaire

B : 3^e stade

C : 5^e stade (les deux mandibules sont représentés en place sur le tentorium)

L = longueur mesurée

TABLEAU I

Longueur des mandibules aux différents stades (en 1/100 mm)

Stade	Longueur			Nombre de mesures
	minimale	moyenne	maximale	
L ₁	1,09	1,63 ± 0,34	2,86	10
L ₂	2,31	2,88 ± 0,23	3,81	20
L ₃	2,99	3,42 ± 0,22	4,22	11
L ₄	4,35	4,72 ± 0,17	5,03	11
L ₅	7,34	8,09 ± 0,67	9,52	12

cours de cette période, comme chez de nombreux hyménoptères (GROSCH, 1948 ; WHITING, 1967 ; etc.) l'anus n'est pas fonctionnel et toute la nourriture ingérée reste stockée dans l'intestin moyen. Dès que les larves ont cessé de s'alimenter, leur poids diminue puis se stabilise après la défécation qui survient en une seule fois très tardivement.

TABLEAU 2

Durée des différents stades larvaires

Age en heures	Pourcentages des stades					
	œuf	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
12-24	100					
24-36	100					
36-48		80,0	20,0			
48-60		6,2	36,0	57,8		
60-72			2,1	24,5	73,4	
72-84						100

2. — *Relation entre le poids des chrysalides et la densité de population*

L'utilisation d'un nombre variable de femelles pondeuses (de 1 à 7 par hôte) a permis d'obtenir sur l'ensemble des 160 chrysalides étudiées des densités de population comprises entre 4 et 297 individus (moyenne : $95,63 \pm 5,06$, coefficient de variation, CV = 66,69 p. 100). Le poids des chrysalides utilisées étant lui-même variable (entre 160 et 468 mg, soit $304,84 \pm 3,22$ en moyenne, CV = 13,30 p. 100) et bien que sa variation ait été aléatoire, il importait de vérifier si le poids de l'hôte pouvait avoir une influence sur le nombre des parasites.

Il existe entre ces deux variables une corrélation positive faible (coefficient de corrélation : $r = 0,30$) mais significative. En d'autres termes, les chrysalides de plus grande taille renferment en moyenne un nombre plus élevé de parasites. Mais l'analyse de variance ne montre pas de relation significative entre la taille de l'hôte et le nombre de parasites. Ceci s'explique par le fait que si les fortes densités se rencontrent plus fréquemment dans les chrysalides de grande taille, les faibles densités, elles, sont réparties de façon uniforme quelle que soit la taille de l'hôte.

On est donc conduit à penser logiquement que les chrysalides de petite taille ne permettent pas le développement de populations très importantes et que si des œufs trop nombreux sont déposés par les femelles dans de telles chrysalides, la mortalité larvaire y prend une certaine importance. Pour tenir compte de cette influence, qui reste faible, la densité de population a été exprimée non pas par le nombre total d'individus, mais par le nombre de parasites rapporté au poids initial de l'hôte en milligrammes. Cette densité de population corrigée correspond en pratique au nombre de larves de *Pteromalus* présentes par milligramme d'hôte.

3. — Relation entre le poids total des larves et la densité de population

La variation du poids total de la population des larves est représentée sur la figure 2.

A tous les âges étudiés, les courbes présentent deux parties distinctes : une première partie au cours de laquelle le poids de la population augmente rapidement avec la densité ; une seconde partie où il se stabilise approximativement ou augmente plus lentement.

La stabilisation observée à 3, 4, 5 et 6 jours est obtenue à une densité telle que les larves ont ingéré tous les tissus utilisables de l'hôte. Le poids de la population ne peut donc plus augmenter.

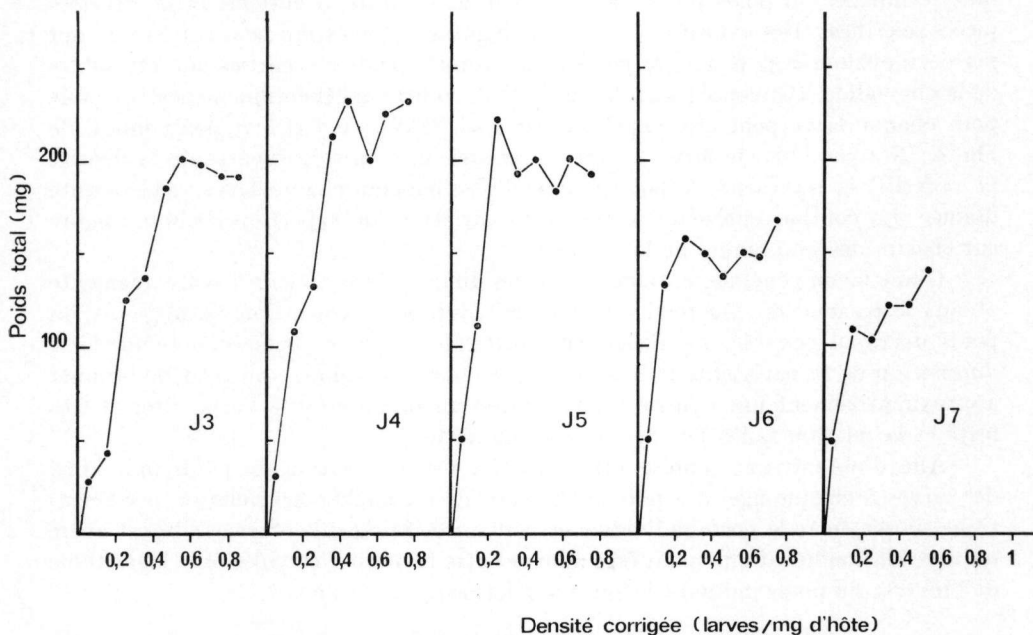


FIG. 2. — Variation, à chaque âge, du poids total de la population de parasites, en fonction de la densité de population corrigée

A 7 jours, on n'observe pas de stabilisation semblable mais seulement une augmentation plus lente du poids total. Ce dernier résultat n'est pas acquis de façon certaine mais il peut être expliqué par des variations physiologiques entre larves de tailles différentes. On peut en effet penser que la perte de poids subie par les larves avant la nymphose est d'autant plus faible qu'elles sont plus petites. Dès lors, la diminution du poids total entre le sixième et le septième jour serait moins marquée lorsque les larves sont plus nombreuses.

La densité pour laquelle les courbes changent de pente varie suivant l'âge : 0,5 larve par mg à 3 jours, 0,2 à 6 et 7 jours. Par conséquent les larves utilisent leur hôte d'autant plus vite qu'elles sont plus nombreuses. A un âge donné, certaines larves peuvent avoir rempli leur hôte et cesser de s'alimenter alors que d'autres,

moins nombreuses, sont encore en cours d'alimentation. Étant donné que la phase de perte de poids débute dès que les larves ont cessé de s'alimenter, il n'est pas étonnant qu'à partir de 4 jours le poids total, aux fortes densités, diminue de jour en jour comme cela ressort de la figure 2.

4. — Poids individuel et densité de population larvaire

La variation à chaque âge du poids individuel moyen des larves en fonction de la densité de population corrigée est représentée sur la figure 3. Chaque point correspond à la valeur obtenue sur une chrysalide parasitée.

Il est possible d'estimer la quantité de nourriture maximale théoriquement disponible pour chaque larve. Tous les tissus de l'hôte ne sont pas consommables. Il faut retrancher du poids initial de la chrysalide celui de la cuticule et de diverses pièces sclérifiées. Des extractions par centrifugation (3 000 t/mn pendant 20 mn) ont permis d'évaluer à 30 p. 100 du poids initial frais le poids des parties non utilisables de la chrysalide. Par conséquent, la quantité de nourriture théoriquement disponible pour chaque larve peut être exprimée par $q = PI/N \times 0,7$ (PI = poids initial de l'hôte ; N = nombre de larves). Cette quantité varie en sens inverse de la densité ($d = N/PI$) et représente le poids maximal possible pour chaque larve à une densité donnée. La courbe représentative de cette variation, de type hyperbolique, figure sur chacun des graphiques de la figure 3.

D'une façon générale, la taille des larves diminue lorsque leur densité augmente et, aux fortes densités, elle tend vers une limite inférieure voisine, même à 3 jours, du poids maximal possible. Parallèlement à cette réduction du poids, on note une forte diminution de la variabilité individuelle. Sur chaque graphique on peut déterminer approximativement une densité limite au-dessous de laquelle la variabilité est très forte et la relation taille-densité devient peu nette.

Afin d'obtenir une représentation globale de la variation du poids individuel des larves à chaque âge, il a paru intéressant de rechercher une relation mathématique simple entre le poids individuel et la densité. Après divers essais, il s'est avéré qu'une relation linéaire pouvait être admise entre la densité corrigée et le logarithme de l'inverse du poids individuel, soit une relation de la forme :

$$\log 1/p = b \cdot d + a$$

où p représente le poids individuel des larves, d la densité de population corrigée, b le coefficient angulaire de la droite de régression et a son ordonnée à l'origine. Les coefficients b et a varient naturellement avec l'âge et leurs valeurs sont groupées dans le tableau 3.

L'analyse statistique montre que la linéarité de toutes ces relations est acceptable. Celles-ci ne traduisent que très schématiquement les phénomènes observés et ne permettent pas de tenir compte de la variabilité individuelle, elle-même liée à la densité. Leur utilisation permet cependant de suivre de façon plus continue la variation moyenne du poids des larves.

Les valeurs calculées du poids individuel peuvent être étudiées de deux façons. On peut tout d'abord envisager la variation à chaque âge du poids individuel en fonction de la densité. Cela revient à effectuer un ajustement sur chacun des nuages de points de la figure 2. En coordonnées arithmétiques, les courbes correspondantes

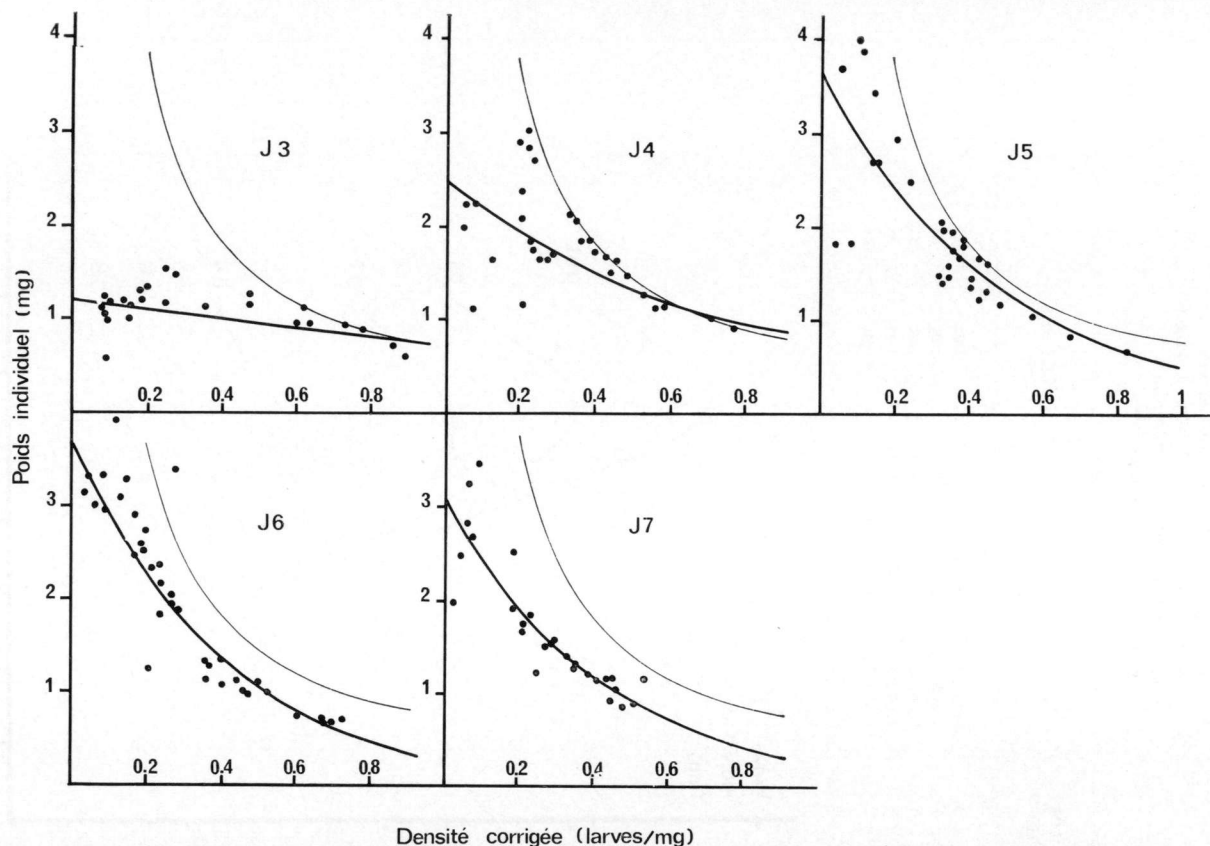


FIG. 3. — Variation, à chaque âge, du poids individuel des larves en fonction de la densité de population corrigée

Sur chaque graphique :

- chacun des points correspond à la valeur mesurée sur une chrysalide ;
- la courbe en trait fin représente la variation de la quantité maximale de nourriture disponible :
 $(q = 0,7 \times \text{PI}/N)$
- la courbe en trait gras représente les variations du poids théorique calculée d'après la formule :
 $\log 1/p = bd + a$ (cf. texte).

TABLEAU 3

Valeurs numériques des paramètres de la relation $\log 1/p = b \cdot d + a$
aux différents âges étudiés

p = poids individuel des larves

d = densité de population corrigée

r = coefficient de corrélation

n = nombre de chrysalides

Age (jours)	b	a	r	Linéarité	n
3	0,199 2	— 0,090 6	0,50	oui	25
4	0,498 6	— 0,387 3	0,67	oui	35
5	0,887 2	— 0,556 4	0,88	oui	33
6	1,142 8	— 0,570 1	0,94	oui	38
7	1,081 7	— 0,482 3	0,92	oui	28

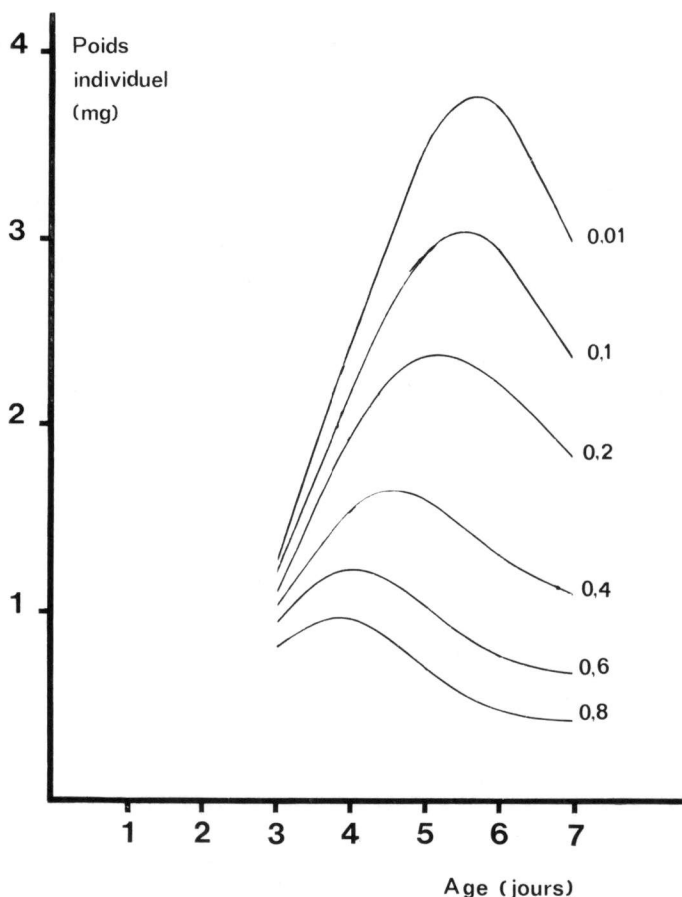


FIG. 4. — Courbes théoriques de croissance larvaire à différentes densités de populations
(Les nombres figurant en face de chaque courbe indiquent le nombre de larves par mg d'hôte)

montrent une concavité qui s'accroît de 3 à 7 jours, ce qui traduit l'augmentation du coefficient b telle qu'elle apparaît sur le tableau 3. De la même façon, l'augmentation du coefficient de corrélation r (tabl. 3) traduit la moins grande dispersion des points autour de la courbe théorique.

À partir des résultats de ces calculs, on peut aussi étudier l'évolution au cours du temps du poids des larves vivant à diverses densités, ce qui revient à établir les courbes théoriques de croissance larvaire. Ces dernières sont représentées sur la figure 4.

Les abaques obtenus montrent clairement que le poids des larves est d'autant plus faible que la densité est plus élevée, mais que le poids maximal atteint par les larves au cours de leur développement l'est d'autant plus tôt qu'elles sont plus nombreuses. Ce dernier résultat confirme le décalage, déjà signalé, qui peut exister entre les larves : à 4 jours et demi par exemple, des larves vivant à faible densité sont encore en phase de croissance alors qu'à des densités plus élevées, elles ont commencé à perdre du poids.

5. — Remplissage et utilisation alimentaire de l'hôte

a) Coefficient de remplissage de l'hôte.

Pour chacune des chrysalides étudiées, il est possible de calculer un coefficient de remplissage de l'hôte par les parasites en rapportant le poids total des larves au poids initial de l'hôte. Les variations de ce coefficient en fonction de la densité et de l'âge des larves sont représentées sur la figure 5.

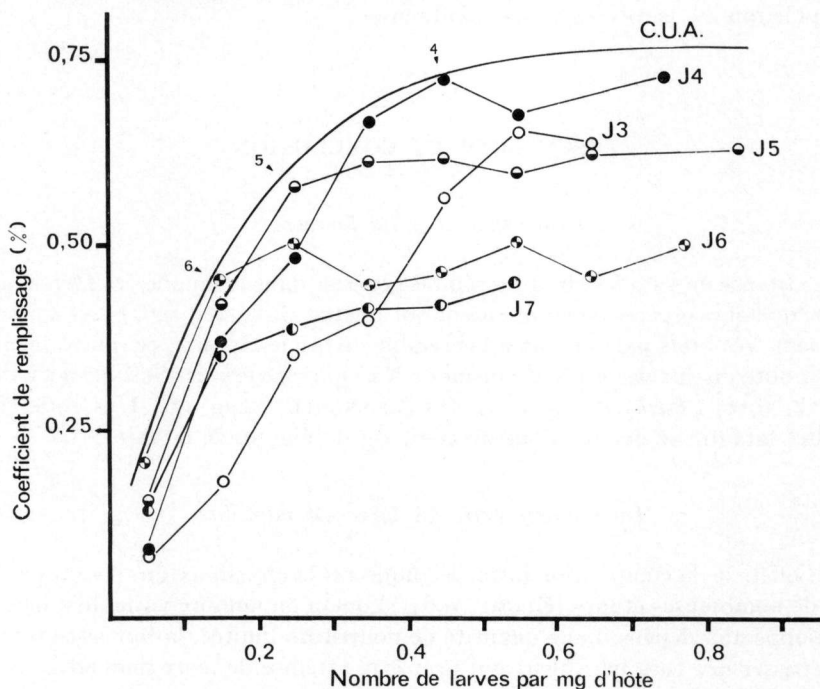


FIG. 5. — Variation, à chaque âge, du coefficient de remplissage de l'hôte en fonction de la densité de population corrigée

La courbe « CUA » indique la variation du coefficient d'utilisation alimentaire maximale de l'hôte

Ce coefficient varie de la même façon que le poids total de la population : à chaque âge, il se stabilise approximativement à partir d'une densité qui correspond à l'utilisation complète de l'hôte et la valeur maximale obtenue aux fortes densités diminue de jour en jour.

b) *Coefficient d'utilisation alimentaire de l'hôte.*

Pour chaque densité, le coefficient de remplissage passe par un maximum au moment où le poids individuel des larves est le plus grand. Les larves cessent alors de s'alimenter et, comme elles n'ont encore rejeté aucun excréta, leur poids représente, aux pertes métaboliques près (CO_2 et eau), la quantité totale de nourriture ingérée au cours de la croissance. Le coefficient de remplissage mesuré à ce moment peut donc être assimilé à un coefficient d'utilisation alimentaire maximale de l'hôte. Pour chaque densité, il correspond à la valeur maximale obtenue pour le coefficient de remplissage et sa variation est représentée par la courbe à l'intérieur de laquelle s'inscrivent les variations du coefficient de remplissage (fig. 5, « CUA »).

Ce coefficient est d'autant plus élevé et il est obtenu d'autant plus tôt que la densité est plus forte. Au-delà d'une densité de 0,4 à 0,5 larve par mg, correspondant à une population de 120 à 150 individus, sa valeur atteint le maximum possible de 0,7 dès le 4^e jour.

Aux densités moins élevées, la valeur de ce coefficient est plus faible et il est atteint plus tardivement. En d'autres termes, l'utilisation de l'hôte par les parasites peut atteindre 70 p. 100 du poids initial. Elle est d'autant plus complète et d'autant plus rapide que les larves sont plus nombreuses.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Croissance et mues larvaires

L'existence de 5 stades larvaires semble générale dans la famille des *Pteromalidae*, bien que quelques espèces n'en présentent que quatre (CLAUSEN, 1962). Les 4 premiers stades sont très brefs par rapport à l'ensemble de la vie larvaire, ce qui confirme les résultats obtenus sur des espèces voisines : *Nasonia vitripennis* (SCHNEIDERMAN et HORWITZ, 1958) ; *Pachycrepoides dubius* (CRANDELL, 1939), etc. L'essentiel de la croissance larvaire se déroule donc au cours du dernier stade larvaire.

Interactions entre les larves et mortalité

Les effets de la compétition intraspécifique sur la croissance des insectes ont fait l'objet de nombreuses études (KLOMP, 1964). Lorsqu'un nombre variable d'individus se développe aux dépens d'une quantité de nourriture limitée, la biomasse totale ne peut dépasser une certaine valeur qui peut être atteinte de deux manières :

- ou bien une mortalité importante se produit parmi les individus dont la taille varie peu ;

— ou bien la taille individuelle diminue fortement sans que la mortalité soit importante tant que la densité de population n'est pas exagérée.

Comme chez *Gregopimpla himalayensis* (SHIGA et NAKANISHI, 1968) c'est le deuxième cas qui semble se produire chez *Pteromalus*. L'espèce est capable de supporter des densités élevées sans qu'intervienne la forte mortalité qui a été décrite chez *Nasonia vitripennis* (WYLIE, 1965 ; SMITH, 1969). Cependant, l'impossibilité d'obtenir des populations très nombreuses dans les chrysalides de petite taille démontre l'existence d'une certaine mortalité mais le taux de celle-ci ne peut être estimé.

C'est surtout par une diminution sensible de la taille que les larves réagissent à une augmentation de la densité. Corrélativement, la taille des adultes décroît elle aussi (BOULETREAU et DAVID, 1967). Comme cela a été démontré chez d'autres espèces (MURDIE, 1969 ; LINTS et LINTS, 1969) cette réduction de la taille des adultes peut entraîner une modification de leur longévité et de leur fécondité. Les variations de la densité de population larvaire peuvent donc exercer une action indirecte sur le potentiel reproducteur des adultes et, par conséquent, modifier l'importance du parasitisme à la génération suivante.

Croissance individuelle des larves

La diminution du poids individuel provoquée par une élévation de la densité de population a souvent été décrite chez les insectes (KLUMP, 1964). Chez *Pteromalus* cette influence, déjà décrite sur les adultes (BOULETREAU et DAVID, 1967), se retrouve sur les larves aux différents âges étudiés et semble de plus en plus marquée au fur et à mesure que les larves vieillissent, comme le montre la concavité croissante des ajustements de la figure 3.

Les différents caractères mesurés, poids total, poids individuel, coefficient d'utilisation de l'hôte sont très étroitement liés et il n'est pas possible de discuter séparément l'influence de l'âge et de la densité de population sur chacun d'eux.

On est conduit à distinguer 3 types de croissance correspondant à trois grandes classes de densité :

- faibles densités : en-dessous de 0,15 larve/mg (soit environ 7 mg de nourriture par larve et 30 à 45 individus) ;
- densités moyennes : de 0,15 à 0,30 larve/mg (soit 45 à 90 individus) ;
- fortes densités : au-dessus de 0,30 larve/mg (plus de 90 individus) ;

L'évolution pondérale des larves de ces diverses catégories peut être schématisée de la façon suivante (tabl. 4).

Les larves peu nombreuses (densité inférieure à 0,15 larve/mg) ne subissent pas de gêne alimentaire. Leur croissance se poursuit librement jusqu'à 6 jours où, parvenues à satiété, elles atteignent leur poids maximal. Le poids individuel obtenu est alors élevé mais le poids total reste faible et proportionnel à la densité. Le CUA, atteint le 6^e jour, reste faible lui aussi et proportionnel à la densité. Il ne dépasse pas 0,45 pour une densité de 0,15 et une quantité importante de nourriture reste inutilisée.

Aux densités moyennes (de 0,15 à 0,30 larve/mg) les larves subissent une gêne dès le 5^e jour. Leur croissance cesse à cet âge. Leur poids individuel maximal est

plus faible mais le poids total, par contre, est plus élevé. Le CUA, obtenu le 5^e jour, atteint environ 0,6. Le poids des larves décroît par la suite.

Aux densités élevées ($\bar{d}$ supérieure à 0,3 larve/mg) les larves sont mises au jeûne dès le 4^e jour où elles ont déjà atteint leur poids maximal. Les larves sont alors de petite taille et leur poids diminue d'autant plus que la densité est plus élevée. Par contre, le poids total n'augmente plus guère et, à partir de 0,4 larve/mg d'hôte, le CUA atteint sa valeur maximale de 0,7.

TABLEAU 4

Schéma de l'évolution pondérale individuelle des larves à diverses densités

Le signe + représente un accroissement ; le signe — une diminution ;
CUA = coefficient d'utilisation alimentaire maximale de l'hôte

Densité	3 j	4 j	5 j	6 j	7 j
— 0,15 l/mg ...	+	+	+ CUA 0,4	—	
0,15 — 0,30 l/mg	+	+ CUA 0,4/0,6	—	—	
+ 0,30 l/mg ...	+ CUA 0,6/0,7	—	—	—	

La durée de la période d'alimentation des larves est d'autant plus brève que leur densité est plus élevée. Des larves nombreuses sont mises au jeûne dès l'âge de 4 jours et par conséquent la période d'alimentation ne dépasse pas 24 heures au cours du 5^e stade. La brièveté de cette période, qui retentit sur la durée totale du développement (BOULETREAU et DAVID, 1967 ; BOULETREAU, 1971) n'est cependant pas incompatible avec la poursuite du développement. Il faut donc admettre que la période d'alimentation obligatoire, telle qu'elle a été décrite par divers auteurs (LEGAY, 1955) est très réduite chez *Pteromalus*.

Utilisation alimentaire de l'hôte

D'une façon générale, l'utilisation de l'hôte est d'autant plus poussée que les larves sont plus nombreuses. Or la quantité de nourriture effectivement ingérée par les larves dépend naturellement de la quantité disponible dans l'hôte, mais aussi de la qualité de cette nourriture.

Les éléments nutritifs dont disposent les larves sont hétérogènes et comportent deux parties : une partie liquide, l'hémolymphe, directement ingérable par les larves et qui peut suffire qualitativement à leur développement complet (BOULETREAU, 1968) ; une partie plus solide : tissus adipeux et musculaire, organes déjà formés. Ces éléments figurés ne peuvent être absorbés par les larves qu'après avoir subi au préalable une certaine digestion externe (JOURDHEUIL, 1960 ; BILLOTTI, 1963). On peut penser que la quantité d'enzymes digestives rejetée étant directement liée au nombre de larves présentes, l'utilisation des tissus solides doit être d'autant plus complète que les larves sont plus nombreuses.

Lorsque les larves sont peu nombreuses, elles parviennent à satiété avant d'avoir utilisé complètement leur hôte. La forte variabilité de leur taille confirme les observations de JACOBI (1939) sur *Nasonia vitripennis*. Elle peut résulter de l'isolement

relatif des larves et de leur emplacement dans l'hôte. En effet, les différents tissus ne sont pas répartis de manière uniforme dans la chrysalide et leur valeur alimentaire varie. Des larves se trouvant dans la partie antérieure disposent essentiellement d'hémolymph, alors que dans la partie postérieure elles trouvent surtout des tissus musculaires et adipeux.

A partir du moment où les larves sont suffisamment nombreuses pour absorber tous les tissus utilisables de l'hôte, leur croissance est plus homogène mais elle est rapidement limitée par la réduction de la quantité de nourriture disponible. La densité optimale serait donc celle pour laquelle tous les tissus utilisables sont effectivement ingérés, sans que se manifeste l'effet défavorable d'une trop forte privation de nourriture.

En définitive, l'augmentation du CUA constatée aux densités élevées traduit une progression quantitative et qualitative de l'utilisation alimentaire de l'hôte. Des larves peu nombreuses sont incapables d'utiliser tous les tissus et cessent de s'alimenter dans un hôte où des larves plus nombreuses parviendraient encore à trouver de la nourriture. Le résidu qui se révèle tout à fait inconsommable, même aux fortes densités, peut être estimé à 30 p. 100 du poids frais initial de l'hôte et correspond approximativement au poids de la cuticule.

Tel qu'il est défini, le CUA est très différent des rendements alimentaires calculés habituellement (LEGAY, 1955 ; WALDBAUER, 1968) et ne tient pas compte, notamment, des variations de la teneur en eau de l'ensemble. Il permet cependant de se faire une idée de la quantité de nourriture ingérée par les larves au cours de leur croissance qui ne peut être déterminée directement dans le cas d'une espèce endoparasite.

Étant donné que la nature des aliments ingérés par les larves varie suivant leur nombre, on peut penser que les coefficients caractérisant leur utilisation métabolique sont eux-mêmes susceptibles de varier.

Reçu pour publication en mars 1971.

REMERCIEMENTS

Je remercie vivement M.-E. BILIOTTI, Chef du Département de Zoologie de l'I. N. R. A., pour ses conseils et critiques dans la réalisation de ce travail.

SUMMARY

LARVAL GROWTH AND HOST CONSUMPTION IN *PTEROMALUS PUPARUM* (HYM. CHALC.) : EFFECT OF POPULATION DENSITY

The growth of *Pteromalus* larvae was studied by dissection at various ages of parasitized pupae of *P. brassicae*.

Larvae undergo four moultings during their development and the main growth takes place during the fifth instar. At each age, the main source of weight variation comes from the number of larvae inside their host. When a small number of larvae feed in the host, they grow for a longer time and reach a high individual weight but their total biomass is light. A large amount of food remains unconsumed. When more larvae are developing together, food shortage results in an earlier limitation of their growth. Larvae are smaller, but the total weight is higher. The host is more quickly and more completely consumed.

Total weight and the degree of host consumption are however limited by the amount of available food. 30 p. 100 of the initial host weight, corresponding approximatively to the cuticule, remain always unconsumed. According to population density, larvae seem to ingest successively various tissues of the host.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BILIOTTI E., 1963. Caractères particuliers de la nutrition chez les insectes entomophages. *Ann. Nutr. Aliment.*, **17**, 319-327.
- BOULETREAU M., 1968. Premiers résultats de l'élevage des larves d'un hyménoptère Chalcidien (*Pteromalus puparum* L.) sur hémolymphe de Lépidoptère. *Entomophaga*, **13**, 217-222.
- BOULETREAU M., 1971. *Métabolisme respiratoire de Pteromalus puparum* (Hym. Chalc.) au cours du développement et influence de la densité de population larvaire (sous presse).
- BOULETREAU M., DAVID J., 1967. Influence de la densité de population larvaire sur la taille des adultes, la durée de développement et la fréquence de la diapause chez *Pteromalus puparum* L. (Hym. Chalcidien), *Entomophaga*, **12**, 187-197.
- CLAUSEN C. P., 1962. *Entomophagous Insects*, 688 pp. Hafner Publ. Co., N. Y.
- CRANDELL H., 1939. The biology of *Pachycrepoides dubius* ASH., a Pteromalid parasite of *Piophilidae* (Dipt.), *Entomol. Soc. Amer. Ann.*, **32**, 632-654.
- GROSCH D. S., 1948. Growth in *Habrobracon*, *Growth*, **12**, 243-254.
- JACOBI E. F., 1939. Über Lebensweise; Auffinden des Wirten und Regulierung der Individualzahl von *Mormoniella vitripennis*. *Arch. Neerl. Zool.*, **3**, 197-282.
- JOURDHEUIL P., 1960. Influence de quelques facteurs écologiques sur les fluctuations de population d'une biocénose parasitaire. Étude relative à quelques hyménoptères parasites de coléoptères inféodés aux crucifères. *Ann. Épiphyties*, **11**, 445-658.
- KLOMP H., 1964. Intraspecific competition and the regulation of insect numbers. *Ann. Rev. Entomol.*, **9**, 17-40.
- LEGAY J.-M., 1955. *La prise de nourriture chez le ver à soie*. Thèse Paris, I. N. R. A., 169 pp.
- LINTS F. A., LINTS C. V., 1969. Influence of preimaginal environment on fecundity and ageing in *Drosophila melanogaster* hybrids. *Exp. Geront.*, **4**, 231-244.
- MURDIE G., 1969. The biological consequences of decreased size caused by crowding or rearing temperatures in apterae of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* HARRIS. *Trans. Roy. Entomol. Soc. London*, **121**, 443-457.
- PARKER H. L., 1924. Recherches sur les formes post-embryonnaires des Chalcidiens. *Ann. Soc. Entomol.*, **93**, 261-392.
- SCHNEIDERMAN H. A., HORWITZ J., 1958. The induction and termination of facultative diapause in the chalcid wasp *Mormoniella vitripennis* and *Tritoneptis klugii*. *J. exp. Biol.*, **35**, 520-551.
- SHIGA L., NAKANISHI A., 1968. Intraspecific competition in a field population of *Gregopimpla himalayensis* (Hym. Ichn.) parasitic on *Malacosoma neustria testacea* (Lep. Lasiocampidae). *Res. Popul. Ecol.*, **10**, 69-86.
- SMITH G. J. C., 1969. Host selection and oviposition behavior of *Nasonia vitripennis* (Hymenoptera : Pteromalidae) on two host species. *Canad. Entomol.*, **101**, 533-538.
- WALDBAUER G. P., 1968. The consumption and utilization of food by insects, in « *Advances in Insect Physiology* », **5**, 229-288.
- WHITING A. R., 1967. The biology of the parasitic wasp *Mormoniella vitripennis* (= *Nasonia brevicornis*) (WALKER). *Quart. Rev. Biol.*, **42**, 333-406.
- WYLIE H. G., 1965. Effects of superparasitism on *Nasonia vitripennis* (WALK.) (Hymenoptera : Pteromalidae). *Canad. Entomol.*, **97**, 326-331.

NATURE DU SUBSTRAT ET HUMIDITÉ,
FACTEURS DU CHOIX DU SITE DE PONTE
CHEZ DEUX LÉPIDOPTÈRES *TINEIDAE* :
MONOPIS RUSTICELLA (CLERCK)
ET *TRICHOPHAGA TAPETZELLA* L.

G. CHAUVIN

Laboratoire de Biologie animale,
Premier cycle, U.E.R. de Sciences biologiques,
35 - Rennes-Beaulieu

RÉSUMÉ

Nous avons étudié le rôle des stimuli provenant de l'aliment larvaire, puis celui de l'humidité, sur le comportement de ponte de deux espèces voisines de *Tineidae* dont les adultes ne s'alimentent pas : *Monopis rusticella* CLERCK et *Trichophaga tapetzella* L. Ces espèces, qui vivent dans un même milieu naturel, présentent des comportements de ponte différents. Les différences constatées sont en rapport avec le degré d'humidité nécessaire au bon développement des chenilles. La femelle de *Monopis*, dont les larves ne se développent qu'en humidité forte (supérieure à 60 p. 100), est conditionnée en priorité, lors du choix du lieu de ponte, par une forte humidité, puis par l'odeur de l'aliment larvaire. La femelle de *Trichophaga*, dont les larves peuvent se développer en milieu plus sec (humidité relative inférieure à 50 p. 100), est attirée seulement par l'odeur de l'aliment larvaire.

INTRODUCTION

Chez les lépidoptères, les œufs peuvent être pondus au hasard ou déposés sur des supports spécifiques bien déterminés. Ce dernier cas est fréquent chez les espèces à larves monophages et le support de ponte est souvent attractif pour les adultes, même lorsqu'ils ne s'alimentent pas. Le support de ponte joue alors un rôle important dans le comportement reproducteur, il favorise la rencontre des individus de sexes différents et stimule l'oviposition et l'ovogenèse des femelles.

Plusieurs études ont été réalisées récemment chez les lépidoptères phytophages : RIDDIFORD et WILLIAMS (1967) ont montré que la femelle d'*Antheraea polyphemus* ne

libérait des phéromones qu'en présence de feuilles de chêne. RAHN (1968) a prouvé que la femelle d'*Acropepia assectella* était plus attractive pour les mâles en présence de la plante-hôte. En l'absence du support convenable, le blocage de l'oviposition et la diminution de la fécondité, ont été démontrés chez plusieurs espèces dont *Scrobipalpa ocellatella* par ROBERT (1964), *Acropepia assectella* par CADEILHAN (1965), *Zeiraphera diniana* par BENZ (1969). Pourtant plusieurs espèces peuvent pondre sur des supports qui ne présentent aucune valeur alimentaire pour leurs larves, et chez les phytophages interviennent divers stimulus, olfactifs, chimiques, tactiles, etc., une stimulation particulière pouvant suffire à éloigner le lépidoptère d'un support apte au développement de ses larves. Ainsi, *Hofmannophila pseudospretella* étudiée par WOODROFFE (1951), dépose un plus grand nombre d'œufs sur des cailloux ayant mêmes forme et taille que des grains de blé, que sur de grosses graines qui permettraient pourtant le développement des chenilles.

Aucune étude n'ayant été réalisée chez les lépidoptères dont les larves se nourrissent de kératine, nous préciserons les facteurs qui interviennent dans le choix du lieu de ponte chez deux espèces voisines de *Tineidae* : *Monopis rusticella* CLERCK et *Trichophaga tapetzella* L. Nous montrerons que chez les deux espèces qui vivent dans des conditions sensiblement identiques, ce choix est déterminé par la perception à distance de stimulus chimiques provenant de l'aliment larvaire. Nous montrerons que pour l'une seulement de ces espèces, *Monopis*, les stimulus olfactifs ne jouent qu'un rôle secondaire par rapport aux conditions hygrométriques qui se montreront remarquablement adaptées aux futures exigences des larves.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les larves de *Monopis* et de *Trichophaga* se nourrissent de kératine. Elles sont souvent associées dans les conditions naturelles et se rencontrent fréquemment dans les pelotes de déjection d'oiseaux ou les restes de cadavres de mammifères. Nous les élevons au laboratoire sur des peaux de lapin ou de rat musqué, à l'obscurité, à une température comprise entre 20 et 25°C, en atmosphère humidifiée à 95 p. 100. La durée de vie des adultes, qui ne s'alimentent pas, atteint une vingtaine de jours. Leurs activités de vol et de ponte sont nocturnes et rythmiques, comme nous l'avons déjà observé pour d'autres adultes de *Tineidae* (CHAUVIN, 1968).

Les expériences sont effectuées à la température des élevages. Les individus testés sont prélevés dès leur mue imaginale et sont ensuite groupés par 5 ou 10 couples, dans une cage, où ils disposent de supports de ponte naturels ou synthétiques. Les supports naturels sont des fragments carrés de peau de rat musqué de 1,5 cm de côté, dont les poils sont coupés à 2 mm de longueur, pour faciliter le prélèvement des œufs. Les supports synthétiques ont les mêmes dimensions et sont découpés dans un velours de viscose sans valeur alimentaire pour les chenilles. Ce support, apparemment inerte et sans odeur, offre aux femelles, du fait de sa structure, des stimuli tactiles très voisins de ceux que présente le substrat naturel.

La cage de ponte est un cylindre en étamine de nylon de 20 cm de hauteur et de 11 cm de diamètre (schémas A, B et C de la fig. 1) qui s'emboîte sur un dispositif compartimenté réalisé avec des éléments de carton. Le fond de chaque loge est garni d'une toile de nylon. L'ensemble s'adapte sur six récipients de verre cylindriques de 100 ml, dont les orifices de 4,5 cm de diamètre, coïncident avec le fond des compartiments. Pour obtenir des sites de ponte où l'humidité soit différente, il suffit de remplir cinq des récipients situés au-dessous des supports avec des solutions de potasse de concentrations connues, choisies en fonction des résultats de BUXTON et MELLANBY (1934), pour donner à 20°C, dans des récipients clos : 80, 50, 20, 10 et 5 p. 100 d'humidité relative. Le sixième récipient, contenant de l'eau, donne une humidité maximale.

En fait, l'humidité de chaque loge au fond de la cage de ponte, résulte d'un équilibre entre l'humidité ambiante et l'humidité localement établie par l'eau et les solutions de potasse. Nous avons

mesuré l'humidité relative au fond de chaque loge, au niveau des supports de ponte, à l'aide d'un hygromètre de petite taille, adaptation de l'hygromètre électrolytique de GREGORY (1946), du même type que celui utilisé par AMOS (1967 et 1969). Des mesures répétées de l'humidité dans les compartiments, montrent qu'au laboratoire, l'humidité relative au niveau des supports de ponte n'est pas constante, mais que ses variations se produisent de façon homogène et respectent toujours un gradient entre les différents compartiments de la cage de ponte. Ainsi, malgré ces variations, nos comparaisons demeureront significatives.

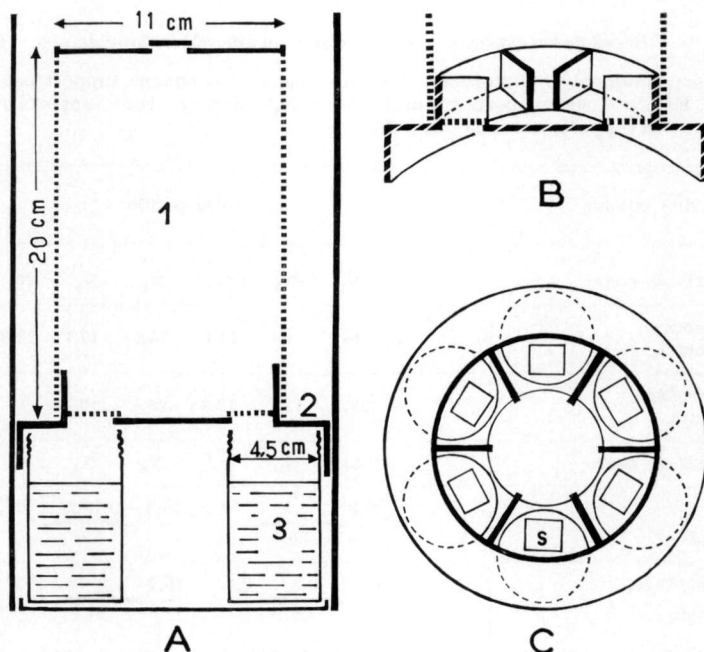


FIG. 1. — La cage de ponte.

A : Schéma de l'ensemble, 1 : cylindre en étamine de nylon, 2 : compartiments où sont placés les supports de ponte, 3 : récipients dont le contenu permet de contrôler l'humidité au niveau des supports de ponte.

B : détail des compartiments.

C : emplacement des supports de ponte (s) au fond de la cage.

Les supports de ponte sont placés chaque soir dans les compartiments, après un séjour de 24 heures à l'humidité que l'on désire tester. Pour tous les essais, les œufs déposés la nuit sur les supports, sont prélevés et comptés chaque matin. Lorsque la ponte est terminée, nous calculons le pourcentage d'œufs déposés sur chacun des supports, par rapport à la ponte totale des femelles contenues dans la cage.

Dans les expériences réalisées pour chacune des espèces, les six supports de ponte offerts aux femelles sont répartis de la façon suivante :

1. six supports naturels en humidité forte. Cette première expérience sert de témoin, elle montre comment les femelles effectuent leur ponte dans des conditions naturelles favorables ;
2. trois supports naturels et trois supports synthétiques en humidité forte ;
3. six supports naturels dans des conditions d'humidité différentes et constituant un gradient de 20 p. 100 à 90 p. 100 ;
4. six supports synthétiques dont trois sont maintenus en atmosphère humide et trois en atmosphère sèche ;
5. trois supports synthétiques en atmosphère humide et trois supports naturels en atmosphère sèche.

RÉSULTATS

Nos résultats sont indiqués dans les tableaux 1, 2 et 3.

TABLEAU I

Résultats des expériences 1 et 2 réalisées en atmosphère humide

Les chiffres indiquent le pourcentage des œufs déposés sur chaque support par rapport à la ponte totale. Exp. 1 : six supports naturels (N_1 à N_6). Exp. 2 : trois supports synthétiques (S_1 à S_3) avec trois supports naturels (N_4 à N_6).

Humidité relative	80-90 p. 100					
Nos des supports de ponte	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6
Exp. 1 : <i>Monopis</i> , 10 ♀, 783 œufs	18	9,6	18,1	14,3	17,1	22,9
Exp. 1 : <i>Trichophaga</i> , 10 ♀, 794 œufs	20,7	14,7	17,8	20,4	10,4	16
Nos des supports de ponte	S_1	S_2	S_3	N_4	N_5	N_6
Exp. 2 : <i>Monopis</i> , 5 ♀, 477 œufs	10,1	6,9	13	24,5	18,2	27,3
	30			70		
Exp. 2 : <i>Trichophaga</i> , 10 ♀, 799 œufs	4,5	0,9	0,4	25,9	27	41,3
	5,8			94,2		

Sur des supports de ponte naturels et dans les mêmes conditions d'humidité (expérience 1), les œufs sont répartis de façon relativement équitable sur tous les supports. Quelques essais complémentaires réalisés avec des couples isolés, nous ont permis de préciser qu'en une même nuit, chaque femelle pond le plus souvent sur tous les supports, l'oviposition étant naturellement discontinuë : des périodes de vol alternant avec des périodes d'oviposition.

Quand les femelles disposent de supports synthétiques et de supports naturels dans les mêmes conditions d'humidité (expérience 2), les œufs sont déposés préférentiellement sur les substrats naturels qui doivent présenter une odeur attractive. Une différence entre les deux espèces apparaît : la ponte de *Trichophaga* est très faible sur les supports synthétiques (5, 8 p. 100), alors que celle de *Monopis* est nettement plus importante sur ces mêmes supports.

Les résultats de l'expérience 3 mettent en évidence une différence fondamentale entre les deux espèces étudiées. Le comportement de ponte de *Trichophaga* n'apparaît pas être lié au degré hygrométrique du substrat. *Monopis*, au contraire, dépose préférentiellement ses œufs sur les supports humides : elle ne pond pratiquement pas sur les supports naturels dont l'humidité est inférieure à 50 p. 100, lorsqu'elle dispose de supports plus humides. Notons que des essais complémentaires nous ont montré que

la disposition relative des différents sites de ponte au fond de la cage ne jouait aucun rôle dans le choix de la femelle : quelle que soit la disposition des substrats, la ponte a été toujours très faible sur les supports placés en humidité inférieure à 50 p. 100.

TABLEAU 2

Résultats de l'expérience 3

L'humidité relative au niveau des six supports de ponte naturels (N_1 à N_6) détermine un gradient.

Le pourcentage des œufs pondus sur chaque support est établi par rapport à la ponte totale.

Humidité relative des sites de ponte (%)	80-90	60-75	50-65	35-50	30-40	20-30
Numéros des supports de ponte	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6
Exp. 3 : <i>Monopis</i> , 10 ♀, 1037 œufs	57,9	19,5	18,9	0,1	3,5	0,1
Exp. 3 : <i>Trichophaga</i> , 10 ♀, 896 œufs	20,6	12,3	20,7	10	16,3	20,1

TABLEAU 3

Résultats des expériences 4 et 5 où trois supports sont présents en atmosphère humide et trois en atmosphère sèche

Les chiffres indiquent le pourcentage d'œufs pondus sur chaque support par rapport à la ponte totale. Exp. 4 : six supports synthétiques (S_1 à S_6). Exp. 5 : trois supports synthétiques (S_1 à S_3) et trois supports naturels (N_4 à N_6).

Humidité relative	80-90 p. 100			20-30 p. 100		
N°s des supports de ponte	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
Exp. 4 : <i>Monopis</i> , 10 ♀, 790 œufs	23,5	28	48,4	0,1	0	0
	99,9			0,1		
Exp. 4 - <i>Trichophaga</i> , 10 ♀, 319 œufs	8,5	18,2	9,4	28,2	26,3	9,4
	36,1			63,9		
N°s des supports de ponte	S_1	S_2	S_3	N_4	N_5	N_6
Exp. 5 : <i>Monopis</i> , 5 ♀, 472 œufs	16	11,6	11,5	33,5	14,4	13
	39,1			60,9		
Exp. 5 : <i>Trichophaga</i> , 10 ♀, 1 035 œufs	4,7	2,6	7	25,2	34,5	26
	14,3			85,7		

Les résultats de l'expérience 4 confirment les précédents. Ils montrent que l'humidité attire les femelles de *Monopis* vers leur lieu de ponte ; l'oviposition est pratiquement nulle sur les supports synthétiques secs. Ce résultat explique la différence de comportement que nous avons constatée entre les deux espèces au cours de la seconde expérience : le nombre relativement élevé des œufs déposés sur les supports synthétiques

par *Monopis* au cours de cet essai, résultait d'une attraction des femelles par l'humidité. Notons que malgré l'absence de support naturel (tabl. 3), la ponte demeure forte chez *Monopis* (790 œufs pour 10 femelles) alors qu'elle est inhibée chez *Trichophaga* (319 œufs pour 10 femelles). En outre, cette inhibition s'accompagne d'une répartition irrégulière des œufs sur les supports synthétiques. Ces derniers ne présentent aucune valeur attractive pour *Trichophaga* et le contact de la femelle avec ces substrats se produit au hasard, pendant le vol.

L'expérience 5 confirme l'indifférence relative de *Trichophaga* vis-à-vis de l'humidité et l'attraction prioritaire produite chez cette espèce par le substrat alimentaire. Pour *Monopis*, les supports naturels maintenus en atmosphère relativement sèche restent plus attractifs que les supports synthétiques maintenus en atmosphère humide, puisqu'ils reçoivent 60 p. 100 des œufs. Tout en confirmant l'importance, pour *Monopis*, du facteur humidité (40 p. 100 des œufs sont déposés sur un support humide sans valeur alimentaire) cette dernière expérience montre la valeur attractive de l'aliment.

Notons que les deux dernières expériences montrent que les stimulus olfactifs et la perception du taux d'humidité peuvent agir séparément pour orienter le vol de la femelle de *Monopis*.

CONCLUSION

Les femelles fécondées des deux espèces de *Tineidae* que nous avons étudiées sont attirées au moment de la ponte par l'aliment larvaire, et ce comportement est analogue à celui de plusieurs lépidoptères phytophages. L'attraction par l'aliment larvaire résulte, chez les deux espèces, de la perception de stimulus olfactifs caractéristiques. Ils agissent seuls chez *Trichophaga*, et seulement secondairement et en synergie avec la perception de l'humidité chez *Monopis*.

Monopis et *Trichophaga* sont des espèces qui vivent dans des milieux naturels analogues ou même coexistent dans le même milieu, mais des essais systématiques nous ont montré que l'état hygrométrique de leur milieu d'élevage n'avait pas la même importance pour leur développement (CHAUVIN, non publié). A 20°C, les œufs de *Trichophaga* maintenus en atmosphère déshydratée (de 0 à 5 p. 100) donnent naissance à des larves viables, alors que les œufs de *Monopis* se dessèchent rapidement. Toujours à la température de 20°C, les chenilles de *Monopis* exigent pour effectuer leur développement complet un taux d'humidité relative au moins égal à 60 p. 100, alors que celles de *Trichophaga*, bien que montrant une vie larvaire prolongée, peuvent effectuer leur cycle quand le degré hygrométrique est inférieur à 50 p. 100.

Pour *Monopis*, une humidité forte est donc un facteur primordial indispensable à la vie des chenilles, ce qui n'est pas le cas pour *Trichophaga*. Les différences que nous constatons dans le comportement de ponte de ces deux espèces sont à rapprocher de ce besoin plus ou moins grand d'humidité pour les œufs et les chenilles.

Soulignons que la production des œufs est relativement faible et de même ordre pour les deux espèces (ponte de 80 à 100 œufs par femelle). Dans les deux cas l'accord du comportement de ponte et des exigences des larves rend certainement efficace le dépôt d'un nombre d'œufs relativement réduit. *Trichophaga* est une espèce moins exigeante que *Monopis* vis-à-vis de l'humidité et cette adaptation se retrouve dans un comportement de ponte uniquement motivé par les caractères chimiques de l'ali-

ment des futures larves. Chez *Monopis*, le comportement peut, du fait de l'action prioritaire de l'hygrométrie, présenter des aspects négatifs : la femelle déposant des œufs sur des supports sans valeur alimentaire pour ses larves lorsqu'ils se trouvent en atmosphère humide.

Reçu pour publication en juillet 1971.

SUMMARY

NATURE OF THE SUBSTRATUM AND HUMIDITY AS FACTORS OF THE EGG-LAYING BEHAVIOUR IN TWO LÉPIDOPTERA TINEIDAE : *MONOPIS RUSTICELLA* (CLERCK) AND *TRICHOPHAGA TAPETZELLA* (L.).

The importance of the role played by larval food and humidity in the egg-laying behaviour has been shown in two neighbouring species of Tineidae : *Monopis rusticella* CLERCK and *Trichophaga tapetzella* L.

These two species live in the same natural conditions but they offer some differences in their respective egg-laying behaviour, these differences are in relation with the degree of humidity required to obtain a good larval development.

The females of *Monopis* whose larvae can only grow up under high humidity conditions (more than 60 p. 100) are attracted by a high humidity and the natural larval food smell. The females of *Trichophaga* whose larvae may grow up in drier conditions (less than 60 p. 100) are attracted by the scent of larval food only.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMOS T. G., 1969. Reactions of *Carpophilus* spp. (Coleoptera, Nitidulidae) to humidity with reference to gradient steepness. *Animal behaviour*, **17**, 9-13.
- AMOS T. G., WATERHOUSE F. L., 1967. Phasic behaviour shown by two *Carpophilus* species (Coleoptera Nitidulidae) in various humidity gradients and its ecological significance. *Oikos*, **18**, 345-350.
- BENZ G., 1969. Influence of mating, insemination, and others factors in oogenesis and oviposition in the moth *Zeiraphera diniana*. *J. Insect Physiol.*, **15**, 55-71.
- BUXTON P. A., MELLANBY K., 1934. The measurement and control of humidity. *Bull. Ent. Res.*, **25**, 171-175.
- CADEILHAN L., 1965. Stimulation de la ponte d'*Acrolepia assectella* ZELL. par la présence de la plante-hôte. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **261**, 1106-1109.
- CADEILHAN L., 1965. Action de la plante-hôte sur l'ovogenèse de l'adulte d'*Acrolepia assectella* ZELL. (Insecte Lépidoptère). *C. R. Acad. Sci. Fr.* **261**, 1910-1913.
- CHAUVIN G., 1968. Étude de l'activité de *Tinea pellionella* L., (Lépidoptère Tineidae). Enregistrement de la sortie des adultes, du vol et de la ponte. *Rev. Comp. animal*, **2**, 49-58.
- GREGORY H. S., 1946. The measurement of humidity. Part II. *Instrument practice*, **7**, 447-452.
- RAHN R., 1968. Étude expérimentale préliminaire de l'attractivité sexuelle des femelles d'*Acrolepia assectella* (ZELLER) en conditions naturelles. *Ann. Épiphyties*, **19**, 367-377.
- RAHN R., 1968. Rôle de la plante-hôte sur l'attractivité sexuelle chez *Acrolepia assectella* ZELLER (Lep. Plutellidae). *C. R. Acad. Sci. Paris*, **263**, 2004-2006.
- RIDDIFORD L. M., WILLIAMS C. M., 1967. Volatile principle from Oak leaves : role in sex-life of the *Polyphemus* moth. *Science*, **155**, 589-590.
- RIDDIFORD L. M., 1967. Trans -2- hexenal : mating stimulant for *Polyphemus* moths. *Science*, **158**, 139-141.
- ROBERT P., 1964. Influence de la plante-hôte sur l'activité reproductrice de la teigne de la betterave *Scrobipalpa ocellatella* BOYD. *Proc. XII^e int. Cong. Ent.* London, 552-553.
- WOODROFFE G. E., 1951. A life-history study of the brown house moth *Hofmannophila pseudospretella* (STAINT.) (Lep. Oecophoridae). *Bull. Ent. Res.*, **25**, 171-175.

RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES DE RECHERCHES SUR LA CASTRATION PARASITAIRE ET L'EXISTENCE D'UN ÉVENTUEL RELAIS ENDOCRINIEN DANS LA CASTRATION DES CRIQUETS INFESTÉS PAR DES DIPTÈRES

Suzanne WARKIEVI-GRANIER et J.-C. LÉONIDE

Zoologie générale, Faculté des Sciences,
13 - Marseille

RÉSUMÉ

Le but du présent travail était de voir si, chez les orthoptères parasités par des larves de diptères, la castration parasitaire s'accompagnait de perturbations morphologiques et physiologiques des *corpora allata*. Le couple *Anacridium aegyptium*-*Ceracia mucronifera* a été choisi pour cette expérimentation.

Les résultats suivants ont pu être mis en évidence :

La castration est totale chez les hôtes fortement parasités, même s'ils n'hébergent que des larves du premier stade. Lorsque les criquets ne renferment qu'un petit nombre d'hôtes, la castration est incomplète et, lorsqu'ils survivent un temps assez long après la sortie des parasites, on peut assister à la poursuite de la vitellogenèse et de la maturation des œufs. Le parasitisme amène un déficit de croissance des *corpora allata* d'environ 20 p. 100. Chez les individus abondamment parasités, l'aspect cytologique des *corpora allata* se montre sensiblement différent de celui des témoins.

L'on sait, par quelques rares observations (BRANDENBURG, 1956 ; STRAMBI, 1965, 1966, 1967, 1969 ; EWEN, 1966), que chez certains insectes la castration parasitaire s'accompagne de perturbations morphologiques et physiologiques des *corpora allata* (atrophie chez des guêpes stylopisées, hypertrophie chez un Hémiptère atteint de mycose) et de modifications de la neurosécrétion cérébrale. L'on ignore encore si ces transformations traduisent l'existence d'un relais endocrinien de la castration ou au contraire un effet en retour de celle-ci sur le fonctionnement glandulaire.

Nous nous sommes proposé d'examiner cette question chez les Orthoptères infestés par des larves de Diptères. Nous avons recherché un couple hôte-parasite susceptible, *a priori*, d'être démonstratif et nous avons choisi le Criquet égyptien (*Anacridium*

aegyptium L.) parasité par le Tachinaire *Acemyiini*, *Ceracia mucronifera* ROND. dont la biologie est connue en détail (LÉONIDE, 1969). Dans ce couple, la castration du Criquet est bien marquée, de plus le parasite s'installe très tôt (août-septembre) dans l'hôte qui devient adulte à la même époque. L'hôte et son parasite ne tardent pas à entrer en diapause et le demeurent jusqu'aux alentours du mois de février. A la fin de cette diapause (bien connue par les travaux de NORRIS, 1965 et de GELDIAY 1966, et vérifiée par nous-mêmes), les *corpora allata* de l'hôte sain s'accroissent progressivement jusqu'à doubler la surface de leur plus grande section. La vitellogenèse s'installe alors et aboutit à la ponte vers le mois de mai. C'est durant cette dernière période que se situe le développement rapide du parasite et sa sortie hors de l'hôte.

Il était dès lors tentant de savoir si le parasite provoquait un blocage de la croissance des *corpora allata*, notamment, au moment de la rupture de la diapause.

Pour répondre à cette question, nous avons capturé dans la nature, en septembre, des criquets sains et parasités adultes — ou sur le point de le devenir — et les avons élevés au laboratoire dans des conditions sensiblement identiques. Nous avons pratiqué, à fin de comparaison, à des intervalles de temps réguliers, des dissections d'hôtes témoins, sains, et d'hôtes parasités des deux sexes, pour suivre chronologiquement l'évolution morphologique, morphométrique et pour certains organes, cytologique, de l'appareil génital (nombre d'œufs, indice ovarien ⁽¹⁾ chez les femelles), des *corpora allata* (surface de la plus grande section transversale) ; la neurosécrétion a également été observée au niveau du cerveau et des *corpora cardiaca*. Cela nous a conduit à établir, entre septembre et mai, la courbe de croissance des *corpora allata* et des ovocytes basaux des hôtes sains et à situer, par rapport à cette courbe, les valeurs correspondantes des hôtes infestés.

Nos résultats se révèlent difficiles à interpréter vu l'existence d'une forte variabilité individuelle dans les dimensions des *corpora allata* (variations du simple au double non signalées par GELDIAY). Nous avons tenté, sans résultats positifs, d'établir une correction de ces dimensions en fonction du poids de l'hôte.

L'on peut cependant dégager préliminairement les hypothèses et faits suivants :

1° La castration parasitaire se révèle totale chez les hôtes fortement parasités (à partir d'environ 10-12 larves par criquet, ce qui est le cas le plus fréquent avec *C. mucronifera* parasite normalement grégaire à l'état larvaire (LÉONIDE, 1969). L'action du parasite se produisant en période prépubertaire de l'activité ovarienne de l'hôte, l'ovaire demeure à l'état immature (ovocytes basaux de petite taille : 1-1,5 mm et translucides).

2° L'effet de castration se manifeste pleinement même chez un hôte n'hébergeant que des larves du premier stade.

3° Lorsque les criquets ne renferment qu'un petit nombre de larves — ce qui apparaît constamment avec une fréquence assez faible et d'ailleurs variable selon les biotopes — on peut assister à une castration incomplète ou, plus exactement, à un simple ralentissement de la croissance ovocytaire, de la vitellogenèse et finalement à une baisse de la productivité. Ainsi, au début du cycle parasitaire, les indices ovariens des hôtes montrent des valeurs plus faibles que chez les hôtes sains mais plus élevées

(1) L'indice ovarien correspond à la moyenne des longueurs de 20 ovocytes basaux prélevés sur les deux ovaires de chaque femelle étudiée.

que chez les hôtes castrés, demeurés immatures. Un début de vitellogenèse apparaît, les ovocytes basaux se teintent en jaune clair. A la fin du cycle parasitaire, qui correspond à l'époque des premières pontes du Criquet égyptien, les hôtes peu contaminés peuvent présenter des œufs mûrs dans leurs ovarioles ou dans les oviductes latéraux. Leur nombre est toujours plus faible que chez les Criquets sains.

4° Chez les hôtes faiblement infestés, et dans les quelques rares cas où ils survivent un temps suffisamment long, on a pu assister, après la sortie des parasites, à la poursuite de la vitellogenèse et de la maturation des œufs. Les arrêts ou ralentissements des activités ovariennes chez les Criquets légèrement parasités ne sont donc pas définitifs.

5° Il semblerait que, chez les hôtes faiblement parasités, il existe une certaine proportionnalité entre le nombre de larves hébergées et l'importance du ralentissement de la croissance ovocytaire ou de la baisse de la productivité. Nos observations sont en nombre trop réduit pour être démonstratives. Il s'agit simplement de quelques faits, difficiles à interpréter vu la rareté des cas de faible infestation chez ce Tachinaire, qui suggèrent une hypothèse à vérifier.

6° Le parasitisme n'empêche pas, d'une manière spectaculaire, le développement des *corpora allata* après la rupture de la diapause, ni à aucun autre moment. Par conséquent, nous n'avons pas observé avec autant de netteté chez le Criquet égyptien infesté par un *Acemyini* ce qui se passe chez les Guêpes stylopisées ni chez l'Hémiptère atteint de mycose. Sur le plan statistique cependant un déficit de croissance d'environ 20 p. 100 a pu être mis en évidence.

7° Chez les individus abondamment parasités (ce qui est un cas assez fréquent avec *C. mucronifera*, parasite normalement grégaire à l'état larvaire) l'aspect cytologique des *corpora allata* ⁽¹⁾ se montre sensiblement différent de celui des témoins. On peut déjà signaler l'existence de variations notables dans la densité des noyaux (nombre par unité de volume). En fin de cycle, cette densité est plus faible chez les hôtes parasités que chez les hôtes sains (fig. 1-4). L'étude cytologique détaillée, en cours, révèle également une altération du nucléoplasme, un gonflement cellulaire et par suite une chute du rapport nucléoplasmique à une valeur inférieure à celle de l'hôte sain. Les nombreuses figures mitotiques présentes dans les *corpora allata* des individus indemnes (fig. 5) ne se rencontrent plus chez les individus infestés. La croissance des *corpora allata*, qui résulte normalement d'un double processus de gonflement cytoplasmique et d'une multiplication cellulaire, ne se trouverait donc, chez l'individu parasité, qu'en partie limitée et cela par arrêt du seul processus de division cellulaire.

8° La neurosécrétion, dont l'étude est à peine abordée, sera envisagée ultérieurement.

En conclusion, nos recherches préliminaires, bien qu'ayant conduit à certains résultats encore nuancés, auront sans doute le mérite d'avoir abordé cette question encore peu connue de la physiologie du parasitisme.

Reçu pour publication en juillet 1971.

⁽¹⁾ Nous exprimons notre amicale reconnaissance à M. A. STRAMBI qui nous a fait bénéficier, dans les domaines de l'histologie et de la neurosécrétion, de sa compétence scientifique et technique très qualifiée.

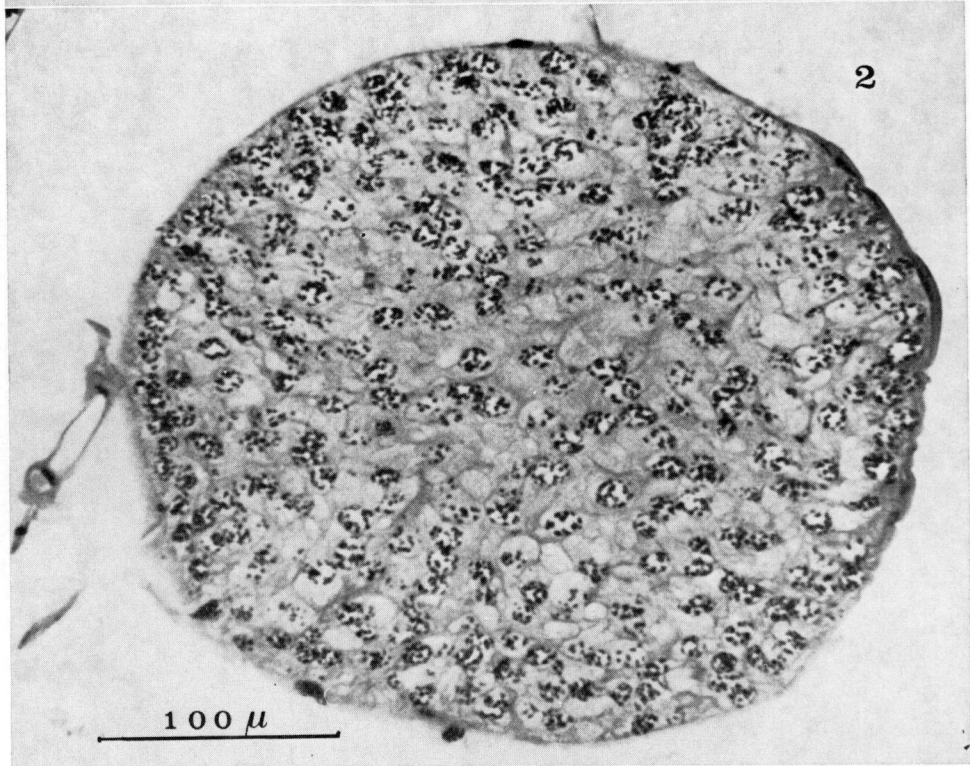
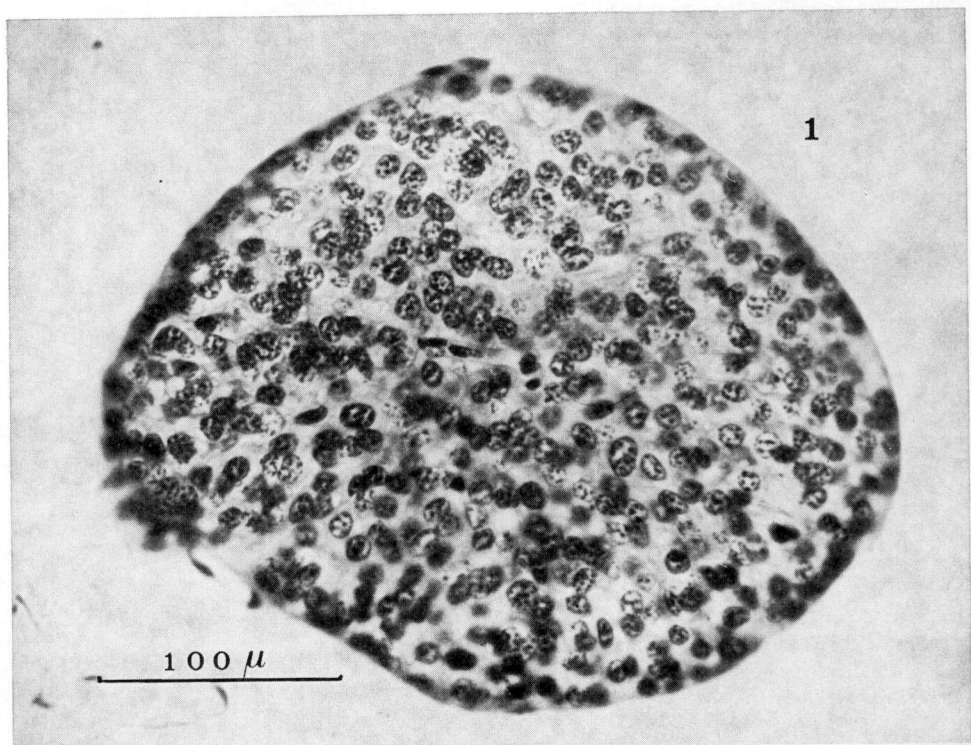
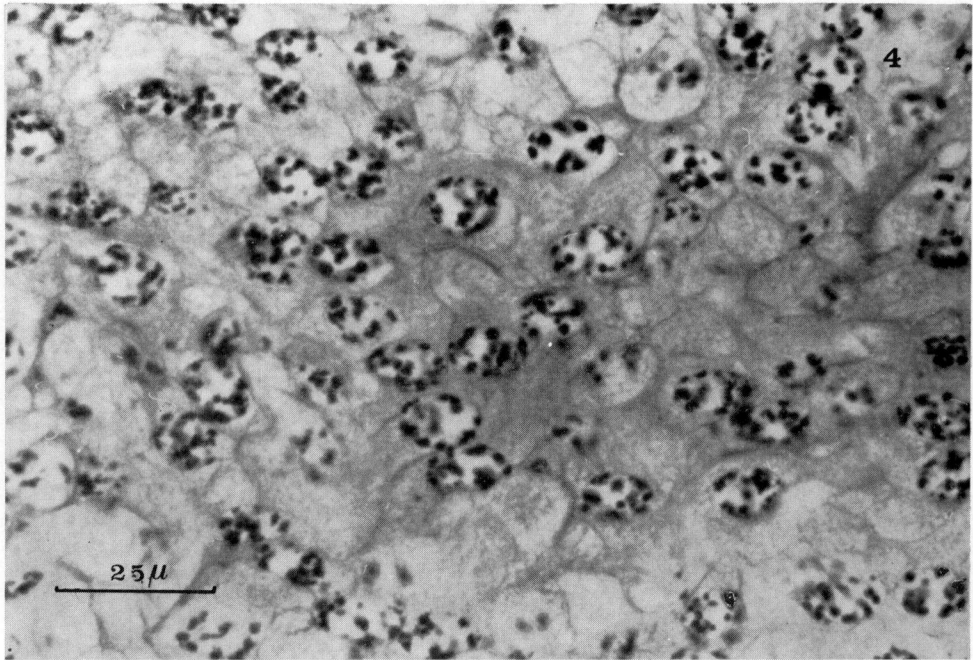
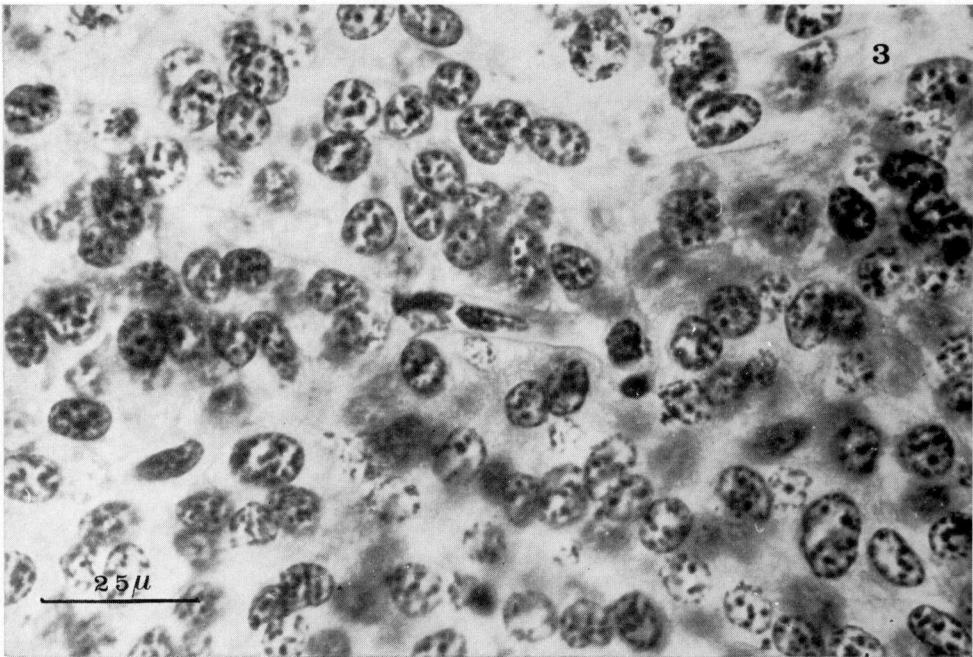


PLANCHE II

FIG. 3-4

*Section transversale d'un corpus allatum d'une femelle
saine et parasitée d'Anacridium ægyptium L.*

Fort grossissement ; femelle saine (Ph. 3) et femelle
parasitée (Ph. 4).

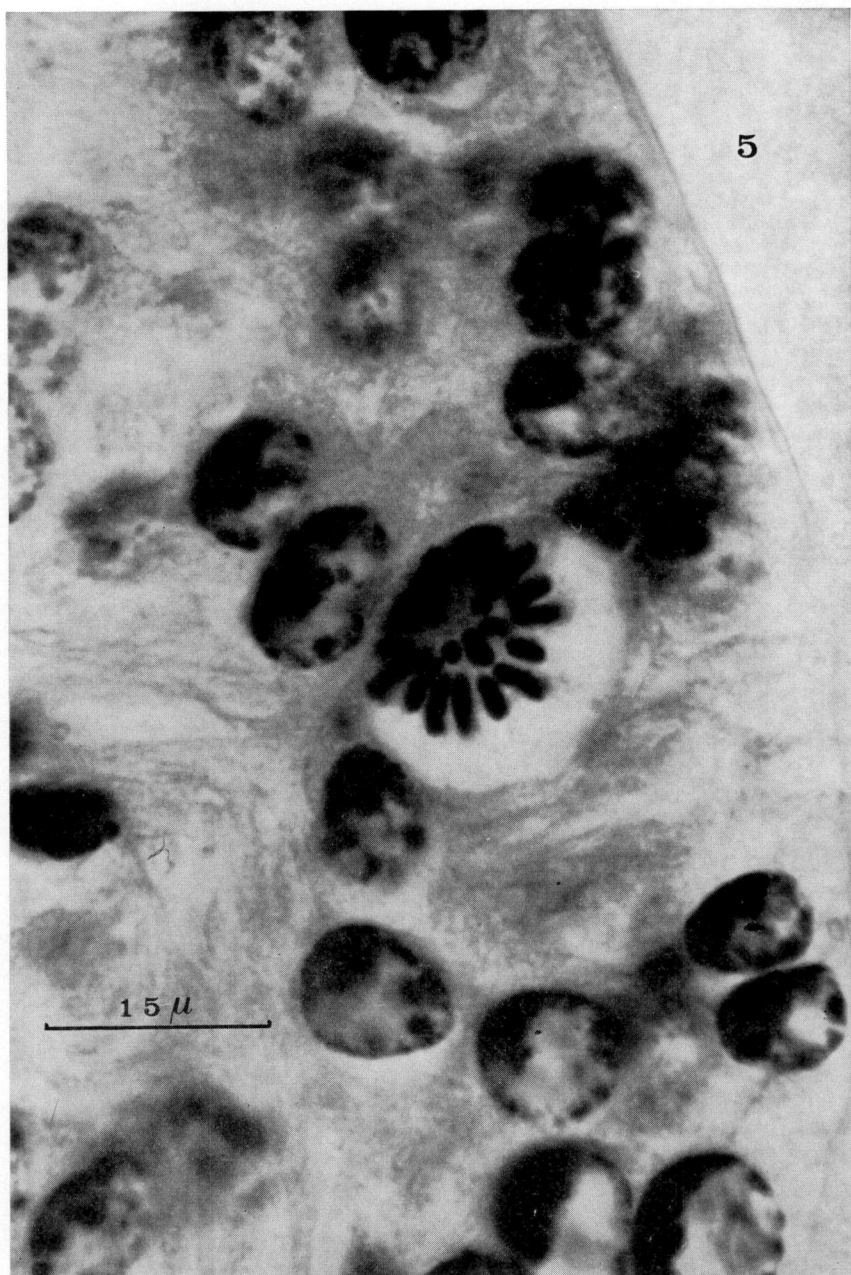


Suzanne WARKIEVI - GRANIER et J.-C. LÉONIDE

PLANCHE III

FIG. 5

*Figure de mitose dans le corpus allatum d'une femelle saine
d'*Anacridium ægyptium* L.*



Suzanne WARKIEVI - GRANIER et J.-C. LÉONIDE

SUMMARY

PRELIMINARY RESULTS OF INVESTIGATIONS UPON PARASITICAL CASTRATION
AND EXISTENCE OF AN EVENTUAL ENDOCRINE RELAY
IN THE CASTRATION OF LOCUSTS INFESTED BY DIPTERA

The present study was intended to investigate whether in Orthoptera parasitized by Diptera larvae, morphological and physiological disturbances of *corpora allata* occurred together with the parasitic castration. The pair *Anacridium aegyptium*-*Ceracia micronifera* has been selected for these experiments.

The following results have been observed :

Castration is complete in the strongly parasitized host, even when they only shelter larvae in the first instar. When the locusts enclose only a few hosts, castration is incomplete and when they survive a fairly long time after the parasites emergence, the vitellogenesis and the egg maturation are going on. The parasitism induces a growth deficit of the *corpora allata* of about 20 p. 100. In animals abundantly parasitized, the cytological aspect of the *corpora allata* appears fairly different from the controls.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BRANDENBURG J., 1956. Das endokrine System des Kopfes von *Andrena vaga* rz. (Ins., Hymenopt.) und Wirkung der Stylopisation (*Stylops*, Ins., Strepsipt.). *Z. Morphol. Ökol. Tiere*, **45**, 4, 343, 364.
- EWEN A. B., 1966. Endocrine dysfunctions in *Adelphocoris lineolatus* (GOEZE) (Hemiptera: Miridae) caused by a fungus (*Entomophthora* sp). *Canad. J. Zool.*, **44**, 873-877.
- GELDIAY S., 1967. Hormonal control of adult reproductive diapause in the Egyptian grasshopper, *Anacridium aegyptium* L. *Journ. Endocrin.*, **37**, 63-71.
- LÉONIDE J.-C., 1969. Recherches sur la biologie de divers Diptères parasites d'Orthoptères. *Mém. Mus. nat. Hist. nat.*, (n. s. Zool.), **53**, 1-246.
- NORRIS M. J., 1966. Reproduction of the grasshopper *Anacridium aegyptium* L. in the laboratory. *Proc. r. ent. Soc. London, ser. A.*, **40**, 19-29.
- STRAMBI A., 1965. Influence du parasite *Xenos vesparum* rossi (Strepsiptère) sur la neurosécrétion des individus de sexe femelle de *Polistes gallicus* L. (Hyménoptère, Vespidé). *C. R. Acad. Sc. Paris*, **260**, 3768-3769.
- STRAMBI A., 1966. Action de *Xenos vesparum* rossi (Strepsiptère) sur la neurosécrétion des fondatrices filles de *Polistes gallicus* L. (Hyménoptère, Vespidé). *C. R. Ac. Sc. Paris*, **263**, 533-535.
- STRAMBI A., 1967. Quelques effets de la castration sur la neurosécrétion protocérébrale des femelles de *Polistes* (Hyménoptère, Vespidé). *C. R. Acad. Sc. Paris*, **264**, 2031-2034.
- STRAMBI A., 1969. *La fonction gonadotrope des organes neuroendocrines des guêpes femelles du genre Polistes* (Hyménoptères). *Influence du parasite Xenos vesparum rossi* (Strepsiptères). Thèse polycopiée Fac. Sc. Paris, 1969, 1-159.

ÉVOLUTION DES POTENTIALITÉS
D'ACCOUPLEMENT DES MÂLES ET DES FEMELLES
D'*ACROLEPIA ASSECTELLA* Z.
(LEPIDOPT. PLUTELLIDAE) (1)

R. RAHN

avec la collaboration technique de Paule SERRE

Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zoologie,
École nationale supérieure agronomique, Centre de Recherches I. N. R. A.,
35 - Rennes

RÉSUMÉ

Les potentialités d'accouplement des individus des deux sexes d'*Acrolepia assectella* Z. ont été évaluées par la recherche des spermatophores dans la bourse copulatrice des femelles. Il ressort de cette étude que les mâles peuvent émettre jusqu'à neuf spermatophores au cours de nuits successives à raison d'un par nuit. Le volume de ces spermatophores diminue fortement du premier au second puis lentement ensuite. Des expériences préliminaires montrent qu'ils possèdent cependant tous un bon pouvoir fécondant. Les femelles, par contre, ont leur comportement sexuel inhibé pendant quelques jours par la présence d'un spermatophore plein dans leur bourse copulatrice.

Le piégeage sexuel des mâles de la Teigne du Poireau à l'aide de femelles vierges permet la mise en évidence des vols correspondant aux différentes générations et de fonder ainsi des avis de traitement. Il s'est de plus avéré possible d'utiliser cette méthode pour la capture d'individus libérés dans les cultures, montrant ainsi, dans les conditions extérieures, le rôle de la plante-hôte sur l'activité des femelles vis-à-vis des mâles (RAHN, 1966 et 1968). Compte tenu de ces résultats, cette technique semble de plus exploitable pour la mise au point d'une méthode d'évaluation des populations d'insectes présents dans les cultures. Cependant, ce problème n'est pas simple.

(1) Travail effectué dans le cadre de la R. C. P. n° 71 du Centre national de la Recherche scientifique : Écologie expérimentale.

Il nécessite la connaissance la plus précise possible de l'importance et de l'évolution de la compétition sexuelle entre les femelles de la nature et celles du piège.

Cette compétition dépend :

- du niveau de la population en place,
- du sex-ratio et de son évolution au cours de la génération concernée,
- de l'évolution de l'activité reproductrice des individus des deux sexes.

Seule l'étude du troisième point fait l'objet des expériences décrites dans cet article.

I. — ÉTUDE DE L'ACTIVITÉ SEXUELLE DES MÂLES

I. 1. — Méthode d'étude

Les insectes sont isolés par couples dont le mâle reste l'élément permanent, une nouvelle femelle vierge âgée de deux jours lui étant présentée tous les matins. Ces femelles sont issues de larves élevées à 20°C sous une photopériode de 16 h de lumière. Ceci élimine les phénomènes de diapause, lesquels sont incompatibles avec toute émission de phéromone sexuelle (RAHN, 1970). Ces conditions sont maintenues au cours de l'expérience. Le très faible dimorphisme sexuel des adultes ne permet pas une reconnaissance facile des sexes en cours d'expérience. Les mâles, triés dès le stade larvaire, sont marqués peu après l'éclosion d'une petite tache de peinture rouge non toxique (peinture Humbrol pour les modèles réduits). L'expérience est menée dans une série d'enceintes cylindriques de polystyrène cristal aérées d'une contenance de 200 cm³.

L'activité sexuelle de ces insectes étant uniquement nocturne, les femelles sont prélevées 24 heures après leur introduction et disséquées pour un examen de la bourse copulatrice. La présence d'un spermatophore permet de savoir si un accouplement a effectivement eu lieu. En effet, chez cet insecte, il est excessivement rare d'obtenir un accouplement sans transfert de spermatophore (THIBOUT, 1969). Dans tous les cas, l'expérience est poursuivie jusqu'à la mort du mâle. Celle-ci intervient généralement entre le quinzième et le vingtième jour.

I. 2. — Résultats

I. 2 1. Évolution de l'activité sexuelle du mâle dans le temps.

Sur 52 mâles étudiés, 47 ont copulé, assurant le transfert de 213 spermatophores aux femelles. La distribution des individus en fonction de leur capacité copulatoire totale et indiquée à la figure 1.

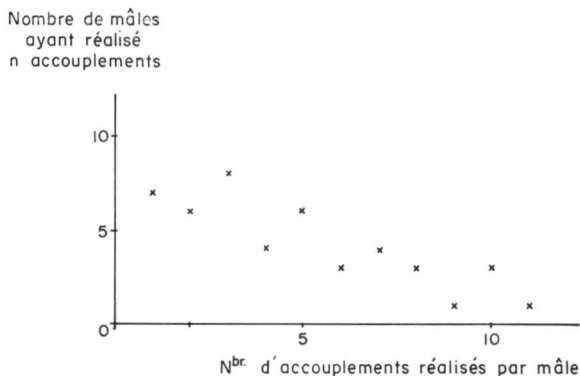


FIG. 1. — Distribution des mâles d'*Acrolepia assectella* Z. en fonction de leur capacité copulatoire

Les accouplements ne se répartissent pas uniformément tout au long de la vie du mâle. Leur relevé quotidien par individu permet de mettre en évidence leur succession dans le temps. Le nombre des nuits successives au cours desquelles un

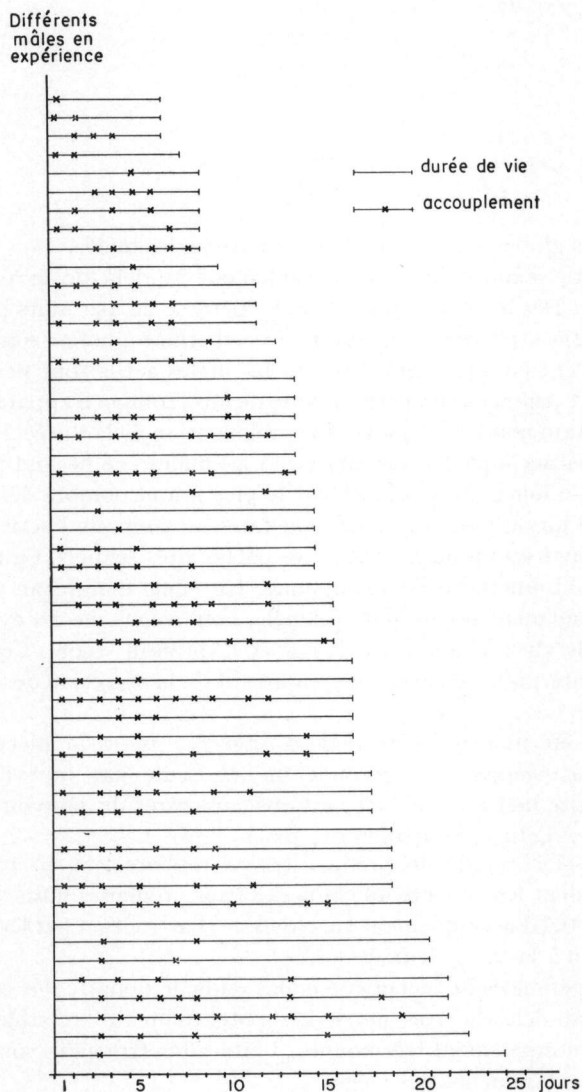


FIG. 2. — *Activité sexuelle et longévité d'Acrolepia assectella maintenus à une température de 20°C et sous 16 heures d'éclaircissement par jour*

mâle copule peut atteindre 9, variant de 2 à 9 avec des périodes d'inactivité sexuelle de durée variable. De nombreux accouplements peuvent également avoir lieu lors de nuits isolées (fig. 2).

La distribution des accouplements selon leur état de groupement permet de relever, sur 213 accouplements :

69 réalisés lors de nuits isolées			
34	au cours de deux	nuits consécutives	
27	—	trois	—
32	—	quatre	—
35	—	cinq	—
0	—	six	—
7	—	sept	—
0	—	huit	—
9	—	neuf	—

Ces résultats globaux concernent la vie entière des mâles.

Leur activité sexuelle diminue sensiblement au-delà de la première semaine de vie imaginale. Dès le 9^e jour par exemple, période de 452 nuits pour l'expérience décrite ((9 × 52) — 16 par mortalité), 181 spermatophores sont déjà transmis sur un total de 213 en 744 nuits. Ensuite les mâles actifs sont peu nombreux : 19 sur 42 copulent et seulement un petit nombre de fois. Comme il apparaît sur la figure 2, au-delà d'un certain nombre de jours, une prolongation de la durée de vie n'augmente pas le nombre des accouplements réalisés par les mâles : ce ne sont pas les mâles qui ont la plus grande longévité qui émettent le plus grand nombre de spermatophores.

Les arrêts d'un ou plusieurs jours constatés au cours de l'activité sexuelle sont difficiles à attribuer à l'un ou à l'autre des partenaires sexuels. Ce fait peut être dû à une femelle non émettrice de phéromone. En effet, malgré un conditionnement mené en vue d'une meilleure activité sexuelle, nous avons mis en évidence une hétérogénéité sexuelle chez les femelles (RAHN et LABEYRIE, 1968). Ces arrêts peuvent également être interprétés comme un épuisement de la sécrétion des glandes annexes du mâle.

Comme il a été montré qu'un mâle d'*Acrolepia assectella* placé en présence de plusieurs femelles vierges n'en féconde qu'une seule par nuit (THIBOUT, 1969), l'expérience décrite met en évidence certains caractères du pouvoir d'accouplement des mâles (fig. 3). Celui-ci se caractérise par :

- une émission rapide du premier spermatophore : 80 p. 100 des mâles en expérience fécondent les femelles au cours des trois premières nuits de vie imaginale ;
- un potentiel d'accouplement très soutenu, l'attraction par les femelles vierges ne s'atténuant qu'à la fin de leur vie.

Dans les expériences de lâchers de mâles seuls, le nombre des captures au piège sexuel diminue au-delà de trois jours. Les potentialités d'accouplement des mâles non repris étant normalement très bonnes, il faut admettre qu'ils sont morts ou qu'ils ont quitté la zone d'influence des pièges.

1. 2 2. Évolution de la taille des spermatophores.

Les spermatophores d'*Acrolepia* se présentent sous la forme de petits sacs ovoïdes de diamètres D et d . Pour présenter les résultats des mesures des spermatophores, nous avons considéré la demi-somme $L = \frac{D + d}{2}$ paramètre permettant d'apprécier leur taille. Les valeurs de L sont très variables, s'étalant de 148 à 900 μ .

Nbre d'accouplements o---o
Emission des 1^{ers} spermatozoïdes x---x

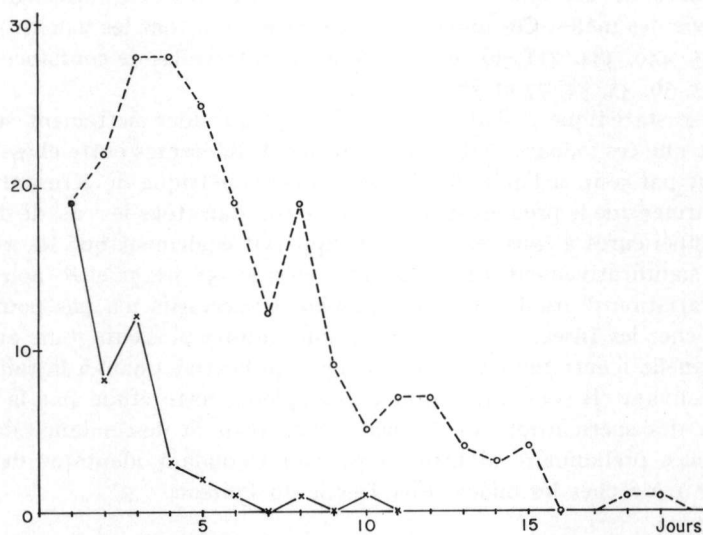


FIG. 3. — Évolution de l'activité sexuelle des mâles d'*Acrolepia assectella* Z. au cours de leur vie

Dimension du spermatozoïde (μ)
 $L = \frac{D+d}{2}$

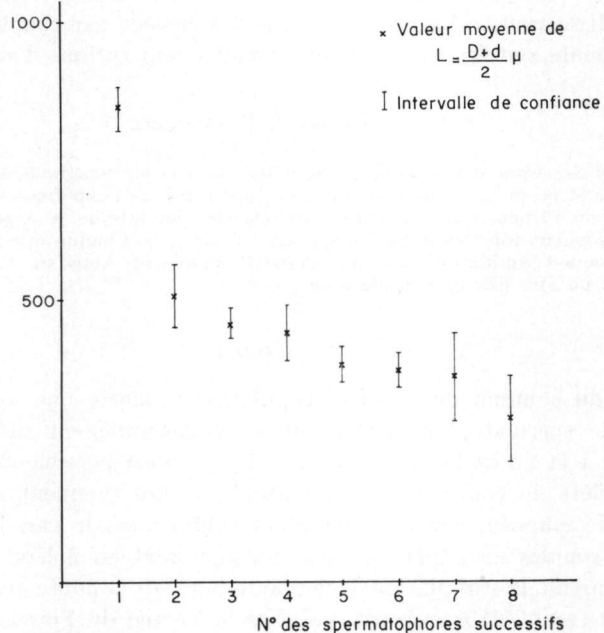


FIG. 4. — Évolution des dimensions des spermatozoïdes émis successivement (*Acrolepia assectella* Z.)

pour 139 cas. La figure 4 présente l'évolution des valeurs moyennes de L , ainsi que leurs intervalles de confiance concernant les spermatophores successifs émis au cours de la vie des mâles. Ces moyennes, exprimées en μ , ont les valeurs suivantes : 848, 507, 455, 440, 384, 371, 363 et 282, pour des intervalles de confiance respectifs de 37, 59, 33, 56, 35, 34, 77 et 77.

L'analyse statistique globale pour un $F = 35.89$, donc nettement supérieur à 2,25, montre que ces valeurs sont significativement différentes entre elles. L'analyse détaillée jour par jour, à l'aide du test H non paramétrique de Kruskal et Wallis permet d'affirmer que le premier spermatophore est, dans tous les cas, de dimensions nettement supérieures à tous les autres. Il apparaît également que les 2^e, 3^e et 4^e ne sont pas significativement différents entre eux, les 5^e, 6^e, 7^e et 8^e non plus.

Cette variation de taille des spermatophores successifs n'a pas pour l'instant été signalée chez les Insectes. Une interruption d'un ou plusieurs jours au cours de l'activité sexuelle n'entraîne pas de différence significative quant à la taille du spermatophore suivant. Il sera intéressant de compléter cette étude par la recherche de la valeur des spermatophores de même rang pour la descendance de l'espèce. Une expérience préliminaire montre un pouvoir fécondant identique des spermatophores n^{os} 1 à 8 chez les mâles de la Teigne du Poireau.

II. — ÉTUDE DE L'ACTIVITÉ REPRODUCTRICE DES FEMELLES

L'activité sexuelle des femelles n'est pas continue dans le temps. La femelle n'admet qu'un accouplement par nuit, mais cependant 3 à 5 spermatophores vides peuvent être observés dans la bourse copulatrice des femelles âgées des lots de multiplication. Des dissections échelonnées de femelles élevées par couples, en présence constante d'un mâle, ont été menées pour connaître leur rythme d'activité sexuelle.

2. 1. — Schéma de l'expérience

Des couples d'*Acrolepia* sont formés dès le début de leur vie imaginaire à raison d'un seul couple par cagette et en présence de poireau. La température de l'expérience est de 18°C pour une photopériode de 16 heures. Ces couples sont disposés par lots de 30 à 40, destinés à être disséqués successivement tous les deux jours jusqu'au 20^e jour. Chaque insecte mort en cours d'expérience provoque l'élimination du couple auquel il appartient. Ainsi, sur 320 couples formés, un total de 235 a pu être pris en considération.

2. 2. — Résultats

L'examen du contenu des bourses copulatrices montre que lors d'un nouvel accouplement le spermatophore précédent n'est généralement qu'à moitié vide. C'est seulement à la fin de la vie de ces insectes qu'il est possible de constater une expulsion complète du contenu des spermatophores qui prennent alors l'allure de petits sacs vides empilés, parfaitement identifiables dans le cas d'accouplements multiples. Les couples en expérience ont constamment eu à leur disposition des fragments de poireau, la stimulation de la plante-hôte sur la ponte ayant été montrée par CADEILHAN (1965). Il n'apparaît pas chez la Teigne du Poireau qu'un nouvel accouplement provoque une stimulation de la ponte comme cela a pu être mis en

évidence chez *Drosophila melanogaster* par MERLE (1969) et *Acanthoscelides obtectus* par HUIGNARD (1969).

La femelle nouvellement fécondée n'appelle plus le mâle. Nous constatons que la femelle n'accepte pas un nouvel accouplement avant un certain délai : au moins huit jours pour un second accouplement, le troisième n'intervenant au plus tôt qu'à partir du 18^e jour d'expérience (2 femelles sur 12). Les résultats chiffrés sont consignés dans le tableau 1.

TABLEAU 1

Capacité d'accouplement des femelles d'Acrolepia assectella au cours de leur vie
Après un premier accouplement, un temps de latence est nécessaire
pour que la femelle accepte un nouvel accouplement

Durée de vie du couple (en jours)	Nombre de couples	Nombre de ♀ fécondées	% nombre de ♀ fécondées/ nombre total de ♀	Distribution des ♀ fécondées en fonction du nombre de spermato- phores dans la bourse copulatrice		
				1 sperma- tophore	2 sperma- tophores	3 sperma- tophores
2	39	11	28	11	—	—
4	38	22	57	22	—	—
6	32	22	68	22	—	—
8	25	21	84	18	3	—
10	22	20	90	20	—	—
12	17	15	88	5	10	—
14	19	18	94	4	14	—
16	17	17	100	3	14	—
18	12	12	100	—	10	2
20	14	13	92	—	4	9

III. — INTÉRÊT DE CES CONNAISSANCES POUR L'INTERPRÉTATION DU NOMBRE DES CAPTURES AU PIÈGE SEXUEL

Des études préliminaires comparatives concernant des lâchers de mâles seuls d'une part, des lâchers de mâles et de femelles en nombre égal d'autre part ont été menées en 1970.

Dans le cas des populations de mâles seuls, le taux de captures toujours important dès la nuit du lâcher (de l'ordre de 30 p. 100 des mâles libérés) peut se maintenir un jour ou deux pour diminuer ensuite rapidement, de 0,5 p. 100 au cours de la première nuit pour atteindre 10 p. 100 au cours de la seconde et s'y stabiliser plusieurs jours de suite (RAHN, non publié). Le taux global de récupération, de l'ordre de 30 p. 100 au maximum, reste toujours inférieur, dans le cas des populations mixtes, à celui obtenu avec des populations de mâles seuls. Il est possible d'envisager, dans le cas des populations mixtes, que les mâles fécondent d'abord les femelles libérées avec eux, les femelles des pièges n'ayant pas un pouvoir d'attraction supérieur.

Au cours de la seconde nuit, les femelles fécondées n'émettent plus de phéromone. Ce n'est qu'au moment où la concurrence exercée par les femelles libres est très diminuée que le piège sexuel devient efficace. En effet, même après une première copulation, les mâles restent sexuellement actifs.

CONCLUSION

L'activité sexuelle du mâle de la Teigne du Poireau est très soutenue dans le temps. La femelle, par contre, voit son comportement sexuel inhibé par la présence d'un spermatophore plein dans sa bourse copulatrice. Les rythmes d'accouplement manifestés par les membres d'un couple isolé sont liés à l'état de la femelle.

Les potentialités des mâles de la Teigne du Poireau mises en évidence expliquent le maintien des dégâts à un niveau élevé dans les parcelles de poireaux où se pratique un piégeage sexuel constant. Les captures réalisées n'ont aucune influence sur le niveau de population de la génération suivante, les mâles en liberté pouvant compenser l'action de ceux capturés dans les pièges.

Chez la Noctuelle *Spodoptera exigua* et chez l'Alucite des céréales *Sitotroga cerealella*, PORTOU et STOCKEL, constatent aussi la possibilité d'accouplements successifs (communications personnelles). Ces potentialités sexuelles des mâles posent un problème si elles se confirment chez des espèces de Lépidoptères susceptibles d'être combattues à l'aide de méthodes autocides. Dans le cas de lâchers de mâles stériles, ceux-ci se trouveraient face à des concurrents dont il ne s'agirait pas d'évaluer le nombre, mais celui, bien plus élevé, des accouplements possibles.

Reçu pour publication en juillet 1971.

SUMMARY

EVOLUTION OF THE MATING POTENTIALITIES OF *ACROLEPIA ASSECTELLA* Z. (LEPIDOPT. PLUTELLIDAE)

The sexual activity of *A. assectella* Z. has been investigated during the whole life of individuals of both sexes. The virgin females placed in the sight of sexually active males are regularly dissected. The spermatophores are looked for in the bursa copulatrix and measured. The following results were gathered :

- very constant sexual activity in the male which may produce spermatophores to the rate of one every day, during 9 days running ;
- decreasing size of these spermatophores, the first produced always being of a larger size than the others ;
- good fecunding power of successive spermatophores ;
- sexual activity of the female inhibited for several days by the presence of a full spermatophore in the bursa copulatrix.

The possible incidence of these data on autocide control by the release of sterile males is noted.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CADEILHAN L., 1965. Stimulation de la ponte d'*Acrolepia assectella* Z. par la présence de la plante-hôte. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **261**, 1106-1109.
- HUIGNARD J., 1969. Analyse expérimentale de certains stimuli externes influençant l'ovogenèse chez *Acanthoscelides obtectus* SAY (Col. *Bruchidae*). *Symp. Int. C. N. R. S.* « Influence des stimuli externes sur la Gamétogenèse des Insectes », Tours, p. 357-379.
- MERLE J., 1969. Rôle des sécrétions génitales mâles dans la physiologie de la Drosophile femelle. *Symp. Int. C. N. R. S.* « Influence des stimuli externes sur la Gamétogenèse des Insectes », Tours, p. 311-330.
- RAHN R., 1966. La Teigne du Poireau *Acrolepia assectella* Z. éléments de biologie et mise au point d'avertissements agricoles fondés sur le piégeage sexuel des mâles. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, **52**, 997-1001.
- RAHN R., LABEYRIE V., 1967. Importance de l'hétérogénéité de l'attraction sexuelle exercée par les femelles d'*Acrolepia assectella* ZELLER. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **265**, 427-429.
- RAHN R., 1968. Rôle de la plante-hôte sur l'attractivité sexuelle chez *Acrolepia assectella* Z. (*Lepidopt. Plutellidae*). *C. R. Acad. Sci. Paris*, **226**, 2004-2006.
- RAHN R., 1970. Rôle de la photopériode sur l'activité de reproduction de la dernière génération d'*Acrolepia assectella* Z. (*Lepidopt. Plutellidae*) dans l'ouest de la France. *C. R. Soc. Biol. Fr.* **164**, 12, 2630-2636.
- THIBOUT E., 1969. De la variabilité des pouvoirs fécondants et fertilisants des mâles d'*Acrolepia assectella* (*Lépidoptères Plutellidae*). *C. R. Acad. Sc. Paris*, **269**, 2421-2423.
- TOUZEAU J., 1969. Piégeage sexuel et piégeage alimentaire de l'Eudémis de la Vigne. *Phytoma*, **212**, 9-20.
-

ÉTUDE DE QUELQUES FACTEURS INTERVENANT DANS LA PROLIFÉRATION DE DEUX ESPÈCES D'OSCIINIES *O. FRIT* L. ET *O. PUSILLA* MG.

H. CHEVIN, Y. DURAND, J.-R. LE BERRE * et J.-P. MOREAU

Station centrale de Zoologie,
Centre national de Recherches agronomiques, I. N. R. A.,
78 - Versailles

* Faculté des Sciences, Paris XI^e
91 - Orsay

RÉSUMÉ

Les auteurs analysent le rôle de différents facteurs intervenant dans la pullulation de deux espèces d'oscinies (*Oscinella frit* et *Oscinella pusilla*). L'éventail des plantes-hôtes d'*O. frit* est plus large que celui d'*O. pusilla*, la première espèce pouvant en outre se développer sur épis d'orge et d'avoine.

O. frit se caractérise par des durées de développement plus courtes et une apparition printanière plus précoce qu'*O. pusilla*. La première espèce se montre plus mobile. Les larves hivernantes des deux oscinies sont capables, après enfouissement, de poursuivre leur développement sur un hôte différent.

La prolifération des oscinies est limitée par l'action du parasitisme et par les conditions climatiques qui peuvent être, selon les années, défavorables à l'une ou l'autre espèce. La compétition interspécifique peut en outre intervenir comme facteur de limitation de la prolifération.

Les oscinies qui s'attaquent aux cultures céréalières dans nos régions appartiennent à deux espèces très voisines et qui ont souvent été confondues : *Oscinella frit* L. et *Oscinella pusilla* Mg.

A Versailles, depuis 1960, nous effectuons, chaque mois, d'avril à novembre, des semis d'avoine, d'orge et de blé sur des parcelles contiguës, ce qui a permis l'établissement de populations de ces diptères. Parallèlement, nous conduisons au laboratoire un élevage permanent des deux espèces, disposant ainsi à tout moment d'une réserve d'insectes.

Les dégâts occasionnés dans la région parisienne par les oscinies se manifestent principalement à la fin de l'année. Nos premières recherches ont donc porté sur les caractéristiques de l'hivernation des larves (J.-R. LE BERRE, 1959 *a*). Nous nous sommes aperçus que les oscinies appartenaient à deux types se différenciant par des caractères biologiques et morphologiques (J.-R. LE BERRE, 1960). Comme ces derniers s'avèrent variables, soumis à la fois à l'action de la plante-hôte et de la température (J.-R. LE BERRE et H. CHEVIN, 1961; J.-R. LE BERRE et J.-P. MOREAU, 1962) nous avons été amenés à rechercher d'autres critères, en particulier l'utilisation d'indices morphométriques pour séparer les deux types de mouches. Ceux-ci permettent d'affirmer qu'il s'agit bien de deux espèces distinctes ne pouvant s'hybrider (J.-R. LE BERRE et H. CHEVIN, 1963). Cette donnée acquise, nous avons pu préciser les différences existant dans leurs mœurs et leur biologie (J.-P. MOREAU, 1963-1964-1966; J. d'AGUILAR et J. P. MOREAU, 1966; J.-P. MOREAU et Y. DURAND, 1972).

En outre nous avons entrepris l'étude des moyens de lutte contre ces insectes.

Un premier aspect a concerné l'utilisation de la lutte chimique pour préserver les semis d'automne des attaques des larves migrantes par enrobages insecticides des semences. Ceci nécessita la mise au point de méthodes permettant de mesurer l'efficacité de divers produits (J.-R. LE BERRE et coll., 1961 *a*; J.-P. MOREAU et coll., 1962; J.-P. MOREAU et Y. DURAND, 1968; Y. DURAND et J.-P. MOREAU, 1968).

Un second aspect se rapportait à la recherche de caractères de résistance des plantes à l'égard des insectes; il intéressait principalement le Maïs sur lequel les femelles déposent leurs œufs au printemps. La mise en évidence, dans la nature, de différences dans la sensibilité de plusieurs lignées de maïs (J.-R. LE BERRE et J.-P. MOREAU, 1961) nous conduisit à imaginer une technique permettant de comparer différentes variétés (J.-R. LE BERRE et A. VIJVERBERG, 1961), d'évaluer la perte de récolte imputable aux attaques d'oscinies (J.-R. LE BERRE et J.-P. MOREAU, 1966) et d'analyser les causes des différences enregistrées (J.-R. LE BERRE, 1964, 1967 *a* et *b*). Ces recherches nous entraînèrent tout naturellement à une étude plus générale des facteurs intervenant dans la résistance des plantes aux insectes (J.-R. LE BERRE, 1959 *b*; J.-P. MOREAU, 1967).

L'ensemble de ces travaux a nécessité la mise au point d'une méthode d'élevage au laboratoire et l'étude des besoins alimentaires des adultes pour permettre d'assurer la pérennité des souches (J.-R. LE BERRE et coll., 1961 *b*).

Nous avons dû, au cours de ces investigations, rassembler de nombreuses données dont la plupart ont été publiées. Néanmoins, certaines d'entre elles ne l'ont pas été, soit parce qu'elles se situaient en dehors des aspects traités, soit parce que prises isolément elles ne présentaient qu'un intérêt relatif. Au vu des variations que subissent les niveaux de populations dans les conditions naturelles, nous nous proposons à l'aide de toutes nos données, inédites ou non, de mettre en lumière quelques-uns des facteurs qui peuvent agir sur la prolifération de l'une ou l'autre espèce, à l'intérieur d'un même biotope: plantes-hôtes, cycle évolutif, découverte des hôtes, parasitisme, climat, compétition interspécifique.

Ceci nous permettra de faire le point des connaissances acquises sur les oscinies de nos régions et nous amènera à évoquer certains aspects encore peu connus dont l'étude mériterait d'être approfondie, tels l'hébergement sur les graminées spontanées, les seuils de développement, la spécificité parasitaire, la fécondité et la longévité, etc.

I. — ACTION DES PLANTES-HÔTES

Au cours d'essais réalisés en 1959 et 1960 (J.-R. LE BERRE et H. CHEVIN, 1961), nous avons montré que les populations d'oscinies issues de diverses céréales étaient très variables tant par le nombre de larves hébergées par chaque plante que par l'importance relative des deux espèces. Dans ces expériences, il était principalement question des variations morphologiques des adultes consécutives au développement des larves sur différentes graminées ; les insectes avaient été répartis en trois classes : type *frit*, type « intermédiaire », type *pusilla*, en se basant uniquement sur la pigmentation des tibias. Ultérieurement, un critère morphométrique ayant permis de séparer les deux espèces (J.-R. LE BERRE et H. CHEVIN, 1963) et de constater que les adultes de type « intermédiaire » étaient en réalité des *O. frit*, il nous semble utile de corriger ces résultats ; c'est ce que nous avons fait dans le tableau I.

TABLEAU I

Populations d'Oscinies trouvées en 1960 sur diverses graminées

Céréales	<i>O. frit</i>	<i>O. pusilla</i>	Rapport OP/OF
<i>Avena</i> { <i>fatua</i> L.	433	26	0,06
<i>sterilis</i> L.	427	0	—
<i>barbata</i> BROU.	215	2	0,01
{ <i>polonicum</i> L.	442	83	0,18
<i>durum</i> DESF. MAHAMOUDI .	434	46	0,10
<i>vulgare rubig.</i> KIHARA	242	132	0,54
{ <i>compactum</i> HOST	240	94	0,39
<i>Triticum</i> { <i>persicum</i> (4n) <i>rubig.</i> ZHUK.	211	42	0,20
{ <i>spelta</i> DESF.	218	110	0,50
<i>timopheevi</i> ZHUK	147	6	0,03
<i>monococcum</i> L.	121	38	0,31
<i>dicoccum</i> SCHRANK.	77	34	0,44
<i>Secale cereale</i> L.	186	92	0,49
<i>Hordeum distichum</i> L. var. Rika	105	141	1,34

Il apparaît ainsi que toutes les céréales mises en compétition ont présenté des populations d'*O. frit* dont l'ampleur pouvait varier du simple (*Triticum dicoccum*) au quintuple (*T. polonicum*, *T. durum*, *Avena fatua*, *A. sterilis*), et. *O. pusilla* est absente sur *A. sterilis* rare sur *A. fatua* et *Triticum timopheevi*, l'orge et le blé tendre ayant fourni les populations les plus abondantes.

Si dans tous les cas, sauf celui de l'orge, les récoltes d'*O. frit* ont été plus importantes, il n'en reste pas moins que le rapport « nombre d'*O. pusilla*/nombre d'*O. frit* » est très variable et indépendant de la population totale hébergée. Ces variations peuvent avoir plusieurs causes : choix spécifique exercé par les femelles au moment de la ponte, taux de survie larvaire variable pour chaque espèce selon la céréale considérée, compétition interspécifique intervenant au cours de la vie larvaire. Il est probable que ces trois phénomènes exercent une action cumulée.

Les larves d'*O. frit* sont présentes dans les trois céréales les plus cultivées (avoine, orge, blé), tandis que celles d'*O. pusilla* ne se trouvent que dans l'orge et le blé. Néanmoins, la ponte d'*O. pusilla* a pu être obtenue expérimentalement sur avoine ; elle est alors faible et retardée, mais le développement de ses larves n'a jamais été observé, que ce soit à partir de ponte directe ou d'œufs déposés artificiellement (J.-P. MOREAU, 1967). De plus, les adultes d'*O. pusilla* ne fréquentent pas les parcelles d'avoine (J.-P. MOREAU, 1963 a ; J.-P. MOREAU et Y. DURAND, 1972).

En outre, *O. frit* sort en grand nombre des épis d'orge et surtout d'avoine, mais pratiquement jamais de ceux de blé. *O. pusilla* ne s'obtient que très exceptionnellement à partir d'épis de ces trois céréales (J.-R. LE BERRE et H. CHEVIN, 1961 ; J.-P. MOREAU, 1963 a) et ceci peut s'expliquer par le fait que les adultes ne visitent pas ce niveau de végétation (J. P. MOREAU et Y. DURAND, 1972).

Par contre, il est difficile d'interpréter l'absence de développement d'*O. frit* sur épis de blé, bien que ses adultes s'y rencontrent abondamment (J.-P. MOREAU et Y. DURAND, 1972). En effet nous avons pu obtenir l'évolution complète de cette dernière espèce en transplantant des œufs provenant d'une population naturelle (tabl. 2). Le

TABLEAU 2

« Repiquages » d'œufs d'*O. frit* sur épis et jeunes plantes

Hôtes	Œufs « repiqués »	Adultes éclos	Pourcent. de réussite
Épis d'avoine	150	18	12
Épis d'orge	150	16	10,6
Épis de blé	150	20	13,3
Jeunes plantes	183	25	13,6

« repiquage » a été effectué sur plantes en place au champ. On constate alors que les sorties d'*O. frit* à partir d'épis de blé ont été aussi importantes que pour ceux d'avoine ou d'orge ou pour les jeunes plantes. L'absence de larves de cette espèce sur épis de blé dans la nature reste donc à expliquer.

Les graminées spontanées peuvent également servir d'hôtes aux oscinies, mais la question reste assez mal connue et compliquée par des problèmes taxonomiques.

II. — RÔLE DU CYCLE ÉVOLUTIF

Pour que chacune des deux espèces puisse accomplir son évolution dans les meilleures conditions, il importe qu'elle trouve au moment opportun des céréales ou graminées à un stade favorable à son développement.

On sait que l'apparition printanière d'*O. frit* se produit, selon les conditions de

l'hivernation, plusieurs jours à plusieurs semaines avant celle d'*O. pusilla* (J.-R. LE BERRE, 1960 a ; J.-R. LE BERRE et H. CHEVIN, 1961 ; J.-P. MOREAU, 1966). Elle trouve ainsi à sa disposition des céréales plus jeunes donc plus favorables à sa prolifération. Outre son développement larvaire et nymphal plus rapide, sa seconde génération peut se développer sur épis et sa troisième s'effectue aux dépens des graminées adventices et des repousses des céréales. *O. pusilla* de son côté ne pouvant croître sur épis, doit trouver de telles plantes dès les mois de juillet et août pour assurer sa descendance (J.-P. MOREAU, 1966).

Nous avons cherché, par des élevages conduits au laboratoire, à déterminer pour chaque espèce les durées du développement de l'œuf à l'adulte à diverses températures. Ces durées de développement pour une espèce et une température données sont assez variables, selon que l'on opère avec des insectes provenant de la nature ou de souches élevées au laboratoire, l'état des plantes, l'hygrométrie, la densité de la population agissant comme autres facteurs de variations.

A température constante le développement d'*O. frit* est en général plus rapide que celui d'*O. pusilla*. Les résultats sont les suivants :

	15	18	23	26	°C
<i>O. frit</i>	58	44	28	21	Nombres de jours
<i>O. pusilla</i>	67	52	29	24	

A toutes les températures, les variations individuelles sont plus amples chez *O. pusilla* que chez *O. frit*.

Ces faits peuvent expliquer l'évolution plus rapide dans la nature d'*O. frit* puisque les températures moyennes journalières de mai à septembre sont, dans nos régions, le plus souvent inférieures à 23°C. Notons de plus que lors des expériences de développement sur épis, les délais d'apparition des *O. frit* ont été plus courts que sur jeunes plantes (35 jours contre 41) ce qui constituerait un autre facteur de rapidité de l'évolution d'*O. frit*.

Dans nos parcelles de céréales, les semis échelonnés permettent à *O. pusilla* de trouver constamment des plantes à un stade favorable, aussi nous l'y rencontrons en abondance alors qu'elle reste rare dans les cultures céréalières de la région.

Cette coïncidence nécessaire entre le stade réceptif de la plante et la présence de l'insecte est particulièrement nette sur maïs ; cette plante fréquemment attaquée dans le Bassin parisien par *O. frit* ne l'est jamais par *O. pusilla*, bien que celle-ci puisse s'y développer (J.-R. LE BERRE et A. VIJVERBERG, 1961). On peut penser que cette absence résulte de l'état de la végétation du maïs au moment de l'apparition des adultes.

III. — DÉCOUVERTE DES HOTES

Outre l'obligation de disposer, pour accomplir leur cycle, de plantes-hôtes spécifiques au stade convenable, il importe que les insectes puissent d'abord les découvrir.

D'après les données acquises on sait que *O. frit* circule beaucoup, ce qui lui donne de grandes chances de rencontrer ses hôtes au cours de ses déplacements ; *O. pusilla*, plus sédentaire, est cependant capable de reconnaître une plante favorable isolée au milieu d'autres ne permettant pas son développement (J.-P. MOREAU, 1963 a ; J.-P. MOREAU et Y. DURAND, 1972).

Cette nécessité de trouver des plantes-hôtes, évidente pour les adultes, existe également chez les larves, puisque dans la région parisienne, l'infestation des céréales d'hiver se fait presque toujours par la remontée des larves provenant de graminées adventices et de repousses de céréales enfouies lors des labours d'automne (J.-R. LE BERRE, 1959 a ; J.-R. LE BERRE et coll. 1961 a). Rappelons s'il en est besoin que les déplacements larvaires sont beaucoup plus limités dans le temps et dans l'espace que ceux des adultes.

Dans le but de contrôler, d'une part si les larves ayant commencé leur développement sur une céréale pouvaient le poursuivre sur une autre et, d'autre part, si elles étaient capables d'exercer un choix, nous avons enfoui dans de grands pots en terre cuite des plantes d'orge, d'avoine ou de blé infestées naturellement. Puis nous avons semé soit isolément l'une des céréales, soit les trois en mélange ; dans le premier cas, le dénombrement des populations a été fait d'après les sorties d'adultes (tabl. 3), dans

TABLEAU 3

Déplacements larvaires : nombre d'adultes d'Oscinies recueillies en fonction de la céréale (sans compétition)

		Plantes semées					
		Avoine		Blé		Orge	
		<i>O. frit</i>	<i>O. pusilla</i>	<i>O. frit</i>	<i>O. pusilla</i>	<i>O. frit</i>	<i>O. pusilla</i>
Plantes enfouies	Avoine	47	1	93	1	61	1
	Blé	30	1	62	15	49	17
	Orge	37	1	34	39	47	38

le second par examen des larves (tabl. 4). Malgré une préférence pour l'avoine, les larves d'*O. frit* peuvent reprendre leur développement quelle que soit la céréale dont elles disposent. Celles d'*O. pusilla* sont, sauf exception, dans l'impossibilité de le faire sur avoine ce qui confirme les résultats obtenus, aussi bien par ponte directe que par transfert d'œufs.

IV. — ACTION DU PARASITISME

Dans les conditions naturelles, les pullulations d'insectes sont en partie limitées par l'action des parasites et des prédateurs. Un grand nombre de parasites d'oscinies ont été reconnus (A. BALACHOWSKY et L. MESNIL, 1935). Dans les prélèvements

TABLEAU 4

Déplacements larvaires : nombre de larves d'*Oscinies*
recueillies en fonction de la céréale (en compétition)

		Plantes semées					
		Avoine		Blé		Orge	
		<i>O. frit</i>	<i>O. pusilla</i>	<i>O. frit</i>	<i>O. pusilla</i>	<i>O. frit</i>	<i>O. pusilla</i>
Plantes enfouies	Avoine	31	0	12	1	5	1
	Blé	20	1	9	3	0	3
	Orge	5	0	1	1	1	1

que nous avons effectués nous avons rencontré principalement *Halticoptera fuscicornis* WALK (Hyménoptère *Pteromalidae*) et *Eucoila eucera* HTG (Hyménoptère *Eucoilidae*) ; *Chasmodon apterus* NEES (Hyménoptère *Braconidae*) apparaît plus rarement. On ignore actuellement s'ils sont spécifiques ou communs aux deux espèces, et dans ce dernier cas s'ils attaquent plus particulièrement l'une d'elles. Bien que les parcelles d'orge, surtout attaquées par *O. pusilla* ne donnent que très peu d'*E. eucera* (tabl. 5), il n'est cependant pas possible d'affirmer que la présence de cet entomo-

TABLEAU 5

Répartition des deux espèces d'*Oscinies* et nombre de parasites pour 100 *Oscinies*
trouvés dans les prélèvements de jeunes plantes de mai 1960 à novembre 1961

	% <i>O. frit</i>	% <i>O. pusilla</i>	<i>Halticoptera fuscicornis</i>	<i>Eucoila eucera</i>
Avoine	100	0	7,4	3,7
Blé	54	46	10,3	3,0
Orge	32	68	8,1	0,4

phage est liée à celle d'*O. frit*, la plante-hôte du ravageur pouvant avoir sur le parasite une influence déterminante. En outre, ces hyménoptères parasitent beaucoup plus intensément les larves des jeunes plantes que celles des épis (tabl. 6), épargnant ainsi la génération estivale d'*O. frit*.

Il reste évident que même en l'absence de spécificité parasitaire, la coïncidence entre le développement de l'hôte et du parasite peut placer une espèce plutôt que l'autre en état de réceptivité.

TABLEAU 6

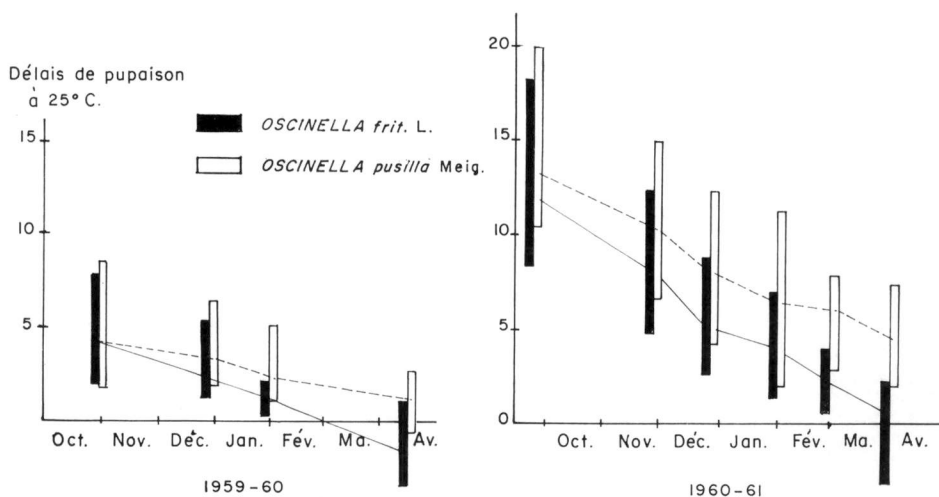
Taux de parasitisme comparé des Oscinies sur jeunes plantes et sur épis

	Jeunes plantes			Épis	
	Avoine	Blé	Orge	Avoine	Orge
Été 1960	32,40	33,10	11,50	0,13	0,51
Été 1961	9,30	11,70	9,10	0,09	0,43

V. — RÔLE DU CLIMAT

La répartition géographique des deux oscinies donne une première indication sur les affinités climatologiques des deux espèces. Il apparaît en effet qu'*O. pusilla* se rencontre plus régulièrement dans les régions à climat « continental » tandis qu'*O. frit* est plus fréquente dans celles à climat « atlantique ».

Les facteurs climatiques, température et humidité notamment, pourront agir différemment selon l'espèce en cause. Ils interviennent tout d'abord sur la survie des larves de la génération hivernante : pour *O. frit* la mortalité des larves et des pupes est élevée lorsque la température est proche du seuil de pupaison dans le cas des larves et du zéro de développement nymphal dans le cas des pupes (J.-R. LE BERRE, 1959 a). Il est probable, bien que cela n'ait pas été étudié avec précision, que les zéros de développement de la larve et de la pupa ainsi que les seuils de pupaison soient différents pour les deux espèces. En effet, si les larves d'*O. frit* et d'*O. pusilla* ramenées au laboratoire en début d'hivernation se nymphosent dans des délais sensi-

FIG. 1. — Délais de pupaison (en jours) des larves hivernantes d'*Oscinella frit* et d'*Oscinella pusilla*.

blement identiques, au cours de l'hiver celles d'*O. frit* évoluent plus rapidement (fig. 1). Dès lors, en fonction des caractéristiques de l'hiver, la mortalité larvaire et nymphale pourra être différente selon l'espèce. En comparant pour les deux hivers 1959-60 et 1960-61 le pourcentage des deux espèces dans des prélèvements échelonnés, on constate au cours du premier une forte mortalité chez *O. pusilla* jusqu'en décembre, puis chez *O. frit* à partir de février ; l'année suivante elle a d'abord concerné *O. frit* jusqu'en janvier, puis *O. pusilla*.

L'influence des facteurs climatiques se manifeste aussi pendant le reste de l'année en agissant sur l'ovogenèse et la ponte, la durée de vie des adultes et leur fécondité, la durée du développement larvaire et nymphal ; c'est ainsi qu'au laboratoire, *O. pusilla* s'élève sans difficulté à des températures de 27-28°C, tandis qu'*O. frit* s'y maintient difficilement.

En plus de leur action directe sur les insectes, les facteurs climatiques agissent également sur les plantes-hôtes qui les hébergent et interviennent dans la coïncidence entre les stades de réceptivité de la plante et de nuisibilité de l'insecte, de même que sur le cycle évolutif des parasites.

VI. — COMPÉTITION INTERSPÉCIFIQUE

Les deux oscinies pouvant vivre dans un même biotope sur les mêmes plantes-hôtes, une compétition entre les deux espèces peut apparaître, notamment en cas de populations abondantes.

Dans une étude faite au laboratoire nous avons mis en compétition des mouches provenant de souches élevées sur blé en insectarium (22°C $\pm$ 2, éclairage permanent, par tubes fluorescents) dans les mêmes conditions depuis de nombreuses générations

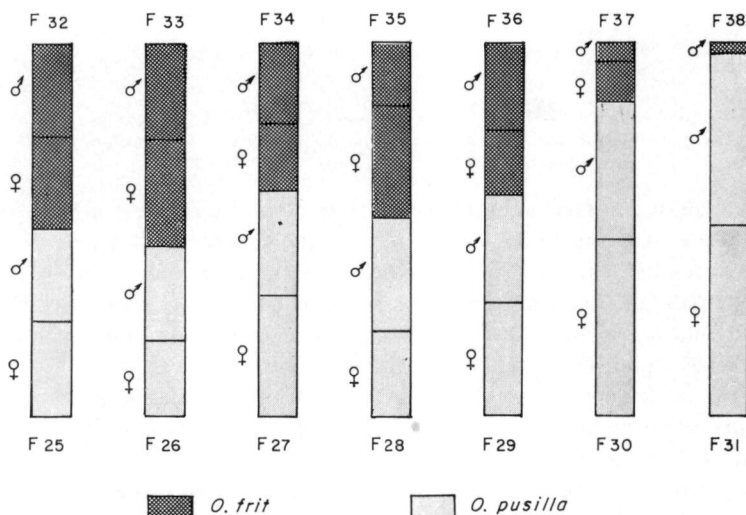


FIG. 2. — Compétition entre *O. frit* et *O. pusilla* au cours de 6 générations sur blé (souches du laboratoire. Température 21-23°C)

32 pour *O. frit* et 25 pour *O. pusilla*) (J.-P. MOREAU, 1963 b). En partant d'un nombre égal de mâles et de femelles de chaque espèce, mis en élevage en mélange sur de jeunes plantes de blé, nous avons obtenu en 8 mois et 6 générations la disparition quasi totale de *O. frit* au bénéfice de *O. pusilla* (fig. 2).

Une seconde expérience a été faite avec des mouches des mêmes souches, appartenant à la 40^e génération d'*O. frit* et la 33^e d'*O. pusilla*, mais en prenant cette fois au départ 80 p. 100 d'insectes de la première espèce et 20 p. 100 de la seconde. En quatre mois et 3 générations, la proportion d'*O. frit* n'était plus que de 25 p. 100 (fig. 3). Cette disparition rapide d'*O. frit* semblait particulièrement suggestive. Or, en examinant les taux de prolifération respectifs des deux souches au cours de 16 générations successives, on constate que le taux moyen a été de 4,66 pour *O. pusilla* et 2,66 pour *O. frit*. Comme au cours des expériences, on ne prenait à chaque génération qu'une partie de la population globale, *O. pusilla*, du seul fait de son taux de prolifération supérieur, se trouvait en progression constante ; le simple calcul à partir des taux de prolifération, donne au bout de six générations 97 p. 100 d'*O. pusilla* et 3 p. 100 d'*O. frit*.

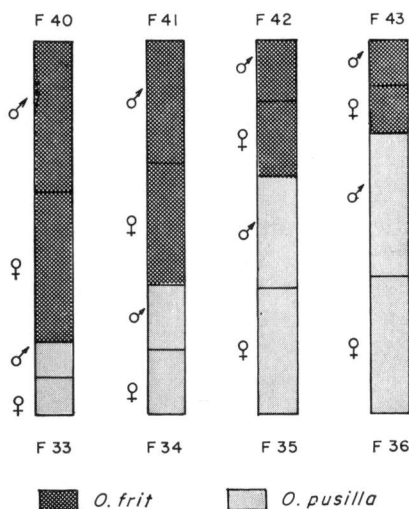


FIG. 3. — Compétition entre *O. frit* et *O. pusilla* au cours de 3 générations sur blé (souches du laboratoire. Température 21-23°C)

Il importerait de déterminer dans ces « taux de prolifération », la part qui revient à la fécondité et à la mortalité larvaire de chaque espèce, en fonction de la plante-hôte et de la température choisie. De plus, le nombre maximal de larves qui peuvent se développer sur la même plantule n'est sans doute pas le même pour les deux espèces. L'accoutumance à la plante-hôte intervient également dans la prolifération ainsi que cela a été montré pour *O. frit* (J.-R. LE BERRE, 1960).

Dans ces expériences effectuées à 22°C (± 2) les deux espèces se trouvaient sensiblement aux mêmes stades aux mêmes moments. A des températures inférieures, les différences entre les durées de développement amèneraient sans doute un décalage entre les cycles des deux espèces et les résultats seraient probablement modifiés. Dans la nature, *a fortiori*, la compétition ne peut avoir lieu, sauf pour une partie restreinte des populations, qu'entre larves d'âge différent.

CONCLUSION

La multiplication des deux espèces étudiées, *O. frit* et *O. pusilla*, est sous la dépendance d'un certain nombre de facteurs, qui sont principalement la position taxonomique et les caractéristiques des plantes-hôtes, les particularités biologiques et éthologiques des insectes, le parasitisme et les conditions climatiques.

L'importance des populations hébergées varie en fonction des plantes-hôtes, certaines se montrant plus favorables au développement de l'une ou l'autre des espèces, indépendamment de la population totale ; le développement d'*O. pusilla* ne s'effectue pas sur avoine, pas plus que sur épis, tandis que *O. frit* peut accomplir son cycle sur épis d'orge et d'avoine mais non de blé.

L'apparition printanière d'*O. frit* se produit avant celle d'*O. pusilla*. Cette dernière espèce a, en outre, sauf aux températures élevées, une durée de développement nettement plus longue et présente des variations individuelles plus importantes. Le développement d'*O. frit* sur épis est plus rapide que sur jeunes plantes. Ces données expliquent que l'on ait dans la nature au moins trois générations d'*O. frit* contre deux d'*O. pusilla*. Cette dernière espèce se trouve limitée dans sa prolifération par le fait qu'elle ne trouve pas toujours à sa disposition les plantes à un stade favorable à son développement : ainsi, bien qu'elle puisse se développer sur maïs, elle n'attaque pas dans nos régions cette céréale qui est trop développée au moment du vol printanier d'*O. pusilla*.

O. frit est une espèce plus mobile que *O. pusilla*, laquelle, par contre, est capable de découvrir un hôte favorable au milieu d'autres qui ne le sont pas.

À l'automne, après l'enfouissement des larves par les façons culturales, les deux espèces sont capables de remontes vers la surface et de reprendre leur développement sur une autre plante, sauf les larves *O. pusilla* qui ne peuvent terminer leur évolution sur avoine.

Le parasitisme qui s'exerce aux dépens des oscinies varie selon la plante-hôte, sans que l'on puisse affirmer qu'il est lié à l'importance relative de l'une ou l'autre oscinie. Le taux de parasitisme d'*O. frit* est très nettement plus élevé chez les insectes se développant sur jeunes plantes que sur épis.

La température, dont on a vu l'influence sur les durées du cycle, agit également avec les autres facteurs climatiques sur l'ovogenèse, la ponte, la longévité et la mortalité des adultes, le cycle des plantes-hôtes et celui des parasites. La mortalité des larves hivernantes varie grandement selon les conditions hivernales, se manifestant notamment lorsque les températures sont proches du zéro de développement dans le cas des pupes et du seuil de nymphose dans celui des larves.

Les deux espèces pouvant vivre sur les mêmes plantes-hôtes, la prolifération de l'une ou l'autre espèce peut être limitée par la compétition. Dans des expériences réalisées au laboratoire, nous avons obtenu en compétition une élimination quasi totale d'*O. frit* en quelques générations ; cette élimination peut s'expliquer par le taux de prolifération plus élevé de la souche d'*O. pusilla* utilisée.

SUMMARY

STUDIES ON SOME FACTORS OCCURRING IN THE PULLULATION
OF TWO *OSGINELLA* SPECIES *O. FRIT* L. AND *O. PUSILLA* MG.

During their studies on Oscinids, the authors have been induced to study and analyze the part played by various factors involved in the pullulation of two species *O. frit* and *O. pusilla*.

The importance of the populations harboured fluctuates according to the host plants, some being more favourable to the development of one species or an other, independently of the total population; the development of *O. pusilla* occurs neither on oat nor on ears, while *O. frit* may accomplish its cycle on barley and oat ears, but not on wheat ears.

The spring emergence of *O. frit* takes place before *O. pusilla*. Besides, the development of this latter species is definitely longer and offer more individual variations, except under high temperatures. The development of *O. frit* is faster on ears than on young plants. These data explain that, in the field, there are at least three generations of *O. frit* for two of *O. pusilla*. This latter species is limited in its pullulation by the fact that it does not always find in the field the host plant at the proper stage of development: for example, in our areas, *O. pusilla* does not damage corn, although it is suited to its development, because this cereal is too much grown at the time of the spring flight of *O. pusilla*.

O. frit is a more mobile species than *O. pusilla*, which is able, on the other hand, to discover a suitable host among others which are not suitable. During the fall, after the burying of hibernating larvae through cultivation, the two species are able to come back to the surface and to proceed with their development on another hostplant, except on oat as far as the larvae of *O. pusilla* are concerned.

The parasitism occurring at the expense of the Oscinids varies according to the host plant, but without any support relating this parasitism to the relative importance of one or the other Oscinid. The parasitism rate of *O. frit* is very clearly higher in the insects living on young plants than on ears.

The temperature — of which we have seen the influence on the life cycle length — acts together with the other climate factors, upon the ovogenesis, the oviposition, the longevity of the adults and their mortality, and on the host plants and parasit cycles. The mortality of hibernating larvae varies much according to the winter conditions, occurring particularly in the case of pupae, when the temperatures are near the zero point of development, and of the pupation threshold in the case of the larvae.

The two species being able to live on the same host plants, the pullulation of one or the other species may be restricted by competition. In laboratory experiments, we have obtained by competition an almost complete elimination of *O. frit* within a few generations. This elimination may be explained by the higher pullulation rate in the used strain of *O. pusilla*.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- D'AGUILAR J., MOREAU J.-P., 1966. Oscinies et mouche grise des céréales. *Phytoma*, n° 181, 37-40.
 BALACHOWSKY A., MESNIL L., 1935. *Les insectes nuisibles aux plantes cultivées*. Vol. I Paris.
 DURAND Y., MOREAU J.-P., 1968. Action comparée d'insecticides utilisés en enrobage de graines contre deux diptères s'attaquant au blé (*Oscinella frit* L. et *Mayetiola destructor* SAY). *Meded. Landbouwhogesh. Opzoekingsinst.*, Gent, 33, 879-887.
 LE BERRE J.-R., 1959 a. Hivernation et zéro de développement chez l'oscinie *Oscinella frit* L. (Dipt., Chloropidae). *The Ontogeny of insects* pp. 270-276.
 LE BERRE J.-R., 1959 b. Études entreprises sur les oscinies dans le cadre des recherches relatives aux immunités végétales à l'égard des insectes. *Meded. Landbouwhogesh. Opzoekingsinst.*, Gent, 24, 593-610.
 LE BERRE J.-R., 1960. Le rôle de la sélection et de l'adaptation animales dans l'étude des immunités végétales à l'égard des insectes. *Conf. scient. pour la protection des Plantes*. Budapest, 271-280.
 LE BERRE J.-R., 1964. Études au laboratoire des phénomènes de résistance à l'égard des oscinies observés chez diverses lignées de maïs. *Proc. XII Int. Congr. Ent.* London 1965, 534.
 LE BERRE J. R., 1967 a. Analyse dans les conditions du laboratoire de quelques faits observés chez plusieurs lignées de maïs contaminées artificiellement par l'oscinie *Oscinella frit* L. (Diptère, Chloropidae) *Ann. Soc. Entomol. Fr.* 3, 663-671.

- LE BERRE J.-R., 1967 b. Examen de quelques aspects de la sensibilité et de la résistance à l'Oscinie (*Oscinella frit* L.) de jeunes plantes de maïs. *Meded. Landbouwhogesh. Opzoekingsinsts.* Gent, **32**, 306-317.
- LE BERRE J.-R., CHEVIN H., 1961. Comportement de diverses graminées à l'égard de l'oscinie et variations morphologiques en fonction du substratum alimentaire. *Ann. Épiphyties*, **12**, 433-444.
- LE BERRE J.-R., CHEVIN H., 1963. Utilisation d'indices morphométriques pour distinguer entre elles les oscinies adultes nuisibles aux céréales. *C. R. Acad. Sci.*, **256**, 5402-5405.
- LE BERRE J.-R., CHEVIN H., MOREAU J.-P., 1961 a. Enrobage insecticide d'avoine d'hiver et lutte contre les larves d'oscinies en automne. *Phytiatrie-Phytopharmacie*, **10**, 161-167.
- LE BERRE J.-R., CHEVIN H., MOREAU J.-P., 1961 b. Longévité, fécondité et nutrition de deux diptères : *Oscinella frit* L., *Hydrellia griseola* FALL. *Rev. Zool. agric. appl.*, **60**, 151-161.
- LE BERRE J.-R., MOREAU J.-P., 1961. Différences variétales de comportement dans la nature de quelques maïs hybrides vis-à-vis de l'oscinie, *Oscinella frit* L. *Ann. Épiphyties*, **12**, 423-432.
- LE BERRE J.-R., MOREAU J.-P., 1962. Modifications morphologiques observées chez les oscinies en fonction de la plante-hôte. *Ann. de la nutrition et de l'alimentation*, **16**, 239-248.
- LE BERRE J.-R., MOREAU J.-P., 1966. Analyse de la perte de rendement chez des maïs hybrides contaminés artificiellement par *Oscinella frit* L. *Meded. Landbouwhogesh. Opzoekingsinsts.* Gent, **31**, 707-716.
- LE BERRE J.-R., VIJVERBERG A., 1961. Recherche d'une méthode d'étude du comportement des maïs vis-à-vis des oscinies. *Ann. Épiphyties*, **12**, 453-461.
- MOREAU J.-P., 1963 a. Contribution à l'étude éthologique de deux espèces d'oscinies, *Oscinella frit* L. et *O. pusilla* MG. (Dipt. Chloropidae). *C. R. Acad. Sci.*, **256**, 1831-1833.
- MOREAU J.-P., 1963 b. Compétitions interspécifiques : le cas des oscinies des céréales. *Ann. Épiphyties*, **14**, 287-288.
- MOREAU J.-P., 1964. Découverte de l'hôte chez les insectes. Relations entre les oscinies (*Oscinella frit* L. et *O. pusilla* MG) et leurs plantes-hôtes. *Ann. Épiphyties*, **15**, 327.
- MOREAU J.-P., 1966. Les oscinies des céréales et la mouche grise. *Union Agriculture*, **262**, 100-105.
- MOREAU J.-P., 1967. Analyse expérimentale de quelques causes de résistance des céréales aux insectes (L'exemple des oscinies). *Meded. Landbouwhogesh. Opzoekingsinsts.* Gent, **32**, 318-327.
- MOREAU J.-P., DURAND Y., 1968. Étude comparée en serre d'insecticides utilisés en enrobage de graines vis-à-vis des larves d'*Oscinella frit* L. *Phytiatrie-Phytopharmacie*, **2**, 157-162.
- MOREAU J.-P., DURAND Y., 1972. Captures d'adultes d'oscinies (*O. frit* L. et *O. pusilla* M.) au moyen de pièges colorés. (sous presse.)
- MOREAU J.-P., LE BERRE J.-R., CHEVIN H., 1962. Enrobages insecticides des céréales d'hiver et lutte contre les larves d'oscinies en automne. *Meded. Landbouwhogesh. Opzoekingsinsts.* Gent, **27**, 840-844.
-

LE PARASITISME DE *PALES PAVIDA* MEIG.
(DIPT. TACHINIDAE) SUR *GALLERIA MELLONELLA* L.
(LEP. GALLERIIDAE).
MISE AU POINT D'UN ÉLEVAGE PERMANENT
EN LABORATOIRE

E. BILIOTTI et R. DESMIER de CHENON

Station centrale de Zoologie,
Centre national de Recherches agronomiques, I. N. R. A.,
78 - Versailles

RÉSUMÉ

L'élevage permanent au laboratoire de *P. pavid*a a été réalisé en utilisant *G. mellonella* comme hôte de remplacement. Le développement de la larve endoparasite est décrit.

Cet élevage permettra d'avoir du matériel pour des travaux sur la physiologie des entomophages et un insecte-test pour la recherche d'insecticides sélectifs en vue de la lutte intégrée.

Des améliorations ultérieures de la technique d'élevage sont envisagées ; elles permettront l'installation d'un élevage de masse pour la lutte biologique contre les défoliateurs forestiers (en particulier *Thaumetopoea processionea*).

L'intérêt de *G. mellonella* comme hôte de laboratoire est souligné.

INTRODUCTION

*Pales (Ctenophorocera) pavid*a MEIG. vit aux dépens d'un certain nombre de lépidoptères parmi lesquels la Processionnaire du Chêne *Thaumetopoea processionea* L. Elle constitue pour cette espèce l'un des parasites principaux avec *Carcelia processionea* RATZ. Les chenilles parasitées au cours du dernier stade larvaire sont tuées au moment du tissage du cocon et les pupes du tachinaire donnent naissance à des adultes environ 10 jours avant la sortie des papillons de l'hôte. Pour terminer son cycle annuel *P. pavid*a a alors besoin d'un hôte complémentaire. Parmi ceux cités dans la bibliographie (HERTING, 1960) on trouve peu d'espèces capables de présenter des populations importantes au mois d'août dans les biotopes où la Processionnaire du Chêne se multi-

plie habituellement. La conséquence en est que la génération hivernante est généralement réduite et que l'on retrouve peu d'adultes susceptibles de parasiter *Th. processionea* au printemps suivant. Il serait donc possible d'accroître fortement le rôle limitatif de *P. pavida* si l'on était capable de libérer au printemps un nombre important d'adultes ce qui nécessite un hôte de laboratoire facile à élever.

Les travaux que nous avons poursuivis au cours de ces dernières années sur un grand nombre de larves de lépidoptères nous ont donné, sur les critères de spécificité de *P. pavida*, des éléments d'appréciation intéressants qui seront publiés par ailleurs; le but de cette note est seulement d'exposer les résultats obtenus en utilisant *Galleria mellonella* L., la Teigne de la ruche, comme hôte de laboratoire.

TECHNIQUE DE MULTIPLICATION DE L'HÔTE

G. mellonella est élevé à l'obscurité à une température de 30°C et à une humidité relative basse (40 p. 100 environ) non contrôlée. Dans de telles conditions, la durée totale d'une génération est d'environ 40 jours. Les adultes sont placés par groupes de 50 environ dans des cages de ponte d'une capacité de 2 litres et les œufs sont recueillis sur des bandes de ouate cellulosique à l'intérieur desquelles les papillons les déposent en paquets. Ces pontes sont placées ensuite, à raison d'un millier d'œufs dans chacune d'elles dans des boîtes aérées en matière plastique de 250 × 130 × 77 mm, contenant 400 grammes de pollen (en pelotes) et une plaque de cire gaufrée de 100 g. 20 à 25 jours plus tard, juste après leur dernière mue, les larves sont prélevées pour être parasitées.

MULTIPLICATION DU PARASITE

A. — Obtention et conservation des œufs

P. pavida pond des œufs microtypes. Comme il est facile d'obtenir la ponte sur un grand nombre de supports végétaux, nous avons choisi les feuillages de troène ou de buis, selon la saison, car il est possible de les garder longtemps en bon état. Lorsque les extrémités des rameaux sont plongées dans l'eau, ils supportent bien le séjour en salle de ponte à 20°C suivi d'un stockage à une température de 8°C. Les œufs sont ainsi conservés sur le feuillage à une température de 8°C et sous une humidité relative de 60 p. 100. Dans ces conditions leur viabilité atteint trois mois.

B. — Infestation de l'hôte

L'œuf de *P. pavida* étant maintenu sur le feuillage par une substance mucilagineuse, il est facile de le décoller avec un pinceau humide et de le déposer sur un autre support. On utilise des carrés de cire gaufrée de 8 mm de côté environ, qui sont présentés à des groupes de cinq larves dans des boîtes en matière plastique cylindrique de 45 mm de diamètre et 10 mm de hauteur. La période de plus grande activité de *Galleria* commençant en fin de journée, le collage des œufs et la mise en place des chenilles sont effectués dans l'après-midi ⁽¹⁾. Les larves ont été choisies au début de leur dernier

(1) Une personne peut ainsi parasiter plus de 1 000 chenilles par jour.

stade larvaire et elles sont laissées en présence du fragment de cire gaufrée pendant deux jours à l'issue desquels tout a été consommé. C'est seulement au 5^e stade que les conditions de succès sont remplies : la taille de l'ouverture buccale est suffisante pour permettre la consommation des œufs dans de bonnes conditions et le développement complet du parasite peut s'effectuer avant la nymphose de l'hôte.

C. — Développement endoparasitaire de Pales

Les chenilles parasitées sont maintenues dans des bacs en matière plastique transparente de 260 × 130 × 77 mm et alimentées de pollen et de cire gaufrée à une température de 21°C et sous une humidité relative de 30 à 40 p. 100.

L'œuf du parasite éclôt au niveau du mésentéron et la larve du 1^{er} stade qui en sort traverse très rapidement la paroi du tube digestif pour se diriger vers une glande séricigène. Elle s'introduit dans la zone médiane du réservoir et se localise entre la paroi et la couche de cellules sécrétrices. La mue du 1^{er} au second stade a lieu six jours après l'infestation et la larve du 2^e stade quitte trois jours plus tard la glande séricigène pour percer un « soubirail cutané secondaire » dans les téguments de l'hôte, le plus souvent à la hauteur du 2^e segment thoracique, et s'y fixer. Immédiatement la mue du 2^e au 3^e stade se produit à l'intérieur de la gaine constituée au point de fixation et la larve du dernier stade sort de l'hôte douze à seize jours après le repas contaminant.

D. — Récolte et conditionnement des pupes

Les chenilles parasitées tissent un cocon beaucoup plus faible et lâche que les chenilles saines. Il est donc possible de faire un tri et de rassembler la plus grande partie de la population si l'on dispose, au-dessus de la cire, du papier filtre plié en accordéon. La pupaison a lieu généralement dans le cocon de l'hôte ou à son voisinage. Les pupes sont laissées dans la boîte et donnent naissance à des adultes une quinzaine de jours plus tard. Ce sont les mâles qui apparaissent les premiers ; leur nombre est très voisin de celui des femelles. Des expériences préliminaires montrent que l'on peut conserver, pendant plus d'un mois sans mortalité, les pupes placées à 4°C peu après leur formation (dans un délai de moins de 4 jours) et qu'elles reprennent leur développement normal lorsqu'on les met à 20°C.

E. — Manipulation des adultes

Les mouches prélevées à l'aide d'un aspirateur de type ménager pourvu d'un dispositif de capture, sont placées dans des cages à parois de mousseline de 600 × 600 × 600 mm par groupe de 300 environ, en présence de feuillage et l'accouplement se produit généralement sans difficulté. Les femelles sont aptes à pondre vingt-cinq jours après l'accouplement et leur longévité à 20°C et 60 p. 100 d'humidité relative atteint trois mois. Pour une fécondité potentielle de l'ordre de 4 000 œufs, le rendement en élevage est de 2 000 œufs par mouche avec un maximum de ponte du 25^e au 60^e jour.

L'alimentation en eau est fournie par des éponges humides ; des morceaux de sucre du commerce déposés dans des coupelles sèches constituent l'alimentation glucidique. Ces alimentations suffisent à assurer la ponte, mais les mouches consomment volontiers du pollen.

CONCLUSIONS

L'élevage ainsi réalisé qui nous a permis de produire en deux mois plusieurs milliers de mouches ⁽¹⁾ peut donc servir de base à la mise au point d'une unité de multiplication utilisable en Lutte Biologique. Le prix de revient des éléments consommés qui est actuellement de l'ordre de 1 centime par adulte produit pourrait être abaissé si l'on utilisait pour *Galleria* un autre milieu nutritif.

Depuis HAYDAK (1936), des nombreuses formules de milieux artificiels ont été essayées avec succès notamment par GOOD *et al.*, (1953), BECK (1960), DUTKY *et al.*, (1962) SHAPIRO (1967) ; DADD (1964) a également mis au point un milieu semi-synthétique mieux défini chimiquement. Il ne serait donc pas très difficile de réaliser un aliment « bon marché » de manipulation commode. Dès à présent, on peut considérer que *P. pavida* peut être facilement utilisé dans un grand nombre de recherches sur divers aspects de la physiologie des entomophages.

Par ailleurs, de nombreux cas de parasitisme artificiel de *Galleria mellonella* par des entomophages de types variés ont été signalés :

- Chalcidides (ZOEBELEIN, 1955) ; (ARTHUR, 1958), (SZMIDT, 1960), (BOHR, 1965) ;
- Ichneumonides (FISCHER, 1959), (LEIUS, 1961), (ARTHUR, 1965), (LOUGHTON, 1965), (RYAN, 1971) ;
- Braconides (BILIOTTI *et al.*, 1968) ;
- Tachinides ⁽²⁾ (COPPEL, 1957), (HSIAO *et al.*, 1966), (DELOBEL, 1970).

Parmi ceux-ci, l'un au moins, *Phryxe caudata* ROND., était alors considéré comme spécifique (de *Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF.) et n'avait pu être élevé sur des hôtes présentant une étroite parenté taxonomique avec l'hôte habituel (*T. processionea*, *T. solitaria*). Ce fait, qui confirme qu'on ne doit pas, en lutte biologique, limiter la recherche des entomophages potentiels à ceux qui attaquent les seules espèces « voisines » de celle que l'on désire combattre, souligne l'intérêt de *G. mellonella* comme matériel expérimental. Il faut noter la grande « plasticité biologique » de ce lépidoptère dont les larves peuvent achever leur développement sur une alimentation entièrement dépourvue de protides (ALLEGRET, 1956) et se prêtent par conséquent très bien à l'étude de l'influence du régime alimentaire de l'hôte sur le développement du parasite.

Enfin, la possibilité de maintenir un élevage de *P. pavida* permet d'inclure cet insecte dans la liste des espèces servant à tester l'activité des insecticides. Il serait particulièrement utile que les produits mis au point par l'industrie chimique soient régulièrement essayés sur des espèces entomophages pour déceler et développer des pesticides sélectifs en vue de la « lutte intégrée ».

Reçu pour publication en juin 1971.

⁽¹⁾ Notre but étant essentiellement la mise au point des méthodes de manipulation nous n'avons pas cherché à obtenir le rendement maximal. La souche constituée est maintenue en permanence au niveau de 500 adultes en activité.

⁽²⁾ Au cours de nos expériences, nous avons été amenés à faire absorber, parallèlement à ceux de *P. pavida*, des œufs de *Zenillia libatrix* PANZ à des chenilles de *Galleria* qui ont été parasitées avec succès.

SUMMARY

PARASITISM OF *PALES PAVIDA* MEIG. ON *GALLERIA MELLONELLA* L.
METHOD OF A PERMANENT BREEDING IN LABORATORY

P. pavida is able to parasitize successfully the greater Wax Moth, *Galleria mellonella* L. The development of endoparasitic larvae is described. A technique for permanent breeding in the laboratory has been developed which permits the use of *Pales pavida* in various experiments on the physiology of entomophagous insects and as a test insect for the search of selective pesticides for integrated control.

Further improvements to obtain a mass breeding technique towards biological control of forest defoliators (mainly *Thaumetopoea processionea*) are possible. The great interest of *G. mellonella* as laboratory host is stressed.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEGRET P., 1956. *Étude des glandes séricigènes des larves de Lépidoptères. Leur rôle dans la physiologie du développement.* Thèse, Fac. Sc. Paris, 345 p.
- ARTHUR A. P., 1958. Development, behaviour and description of immature stages of *Spilochalcis side* (WALK.) (Hymenoptera : Chalcididae). *Canad. Entomol.*, **90**, 590-595.
- ARTHUR A. P., 1965. Absence of preimaginal conditioning in *Itopectis conquisitor* (SAY) (Hymenoptera : Ichneumonidae). *Canad. Entomol.*, **97**, 1000-1001.
- BECK S. D., 1960. Growth and development of the greater Wax Moth, *Galleria mellonella* (L.) (Lepidoptera, Galleridae). *Trans. Wisc. Acad. Sc. Arts lett.*, **49**, 137-148.
- BILIOTTI E., DAUMAL J., HAM R., 1968. Quelques aspects de la spécificité parasitaire : le parasitisme de *Galleria mellonella* L. (Lep. Pyralidae) par *Phanerotoma flavitestacea* FISCH. (Hym. Braconidae) et *Phryxe caudata* ROND. (Dipt. Tachinidae). XIII^e Congr. Intern. Entomol., Moscou 1968, sous presse.
- BOHR H. J., 1965. Zur Kenntnis von *Erdoesina alboannulata* RATZ. (Hym. Chalcid.) einem Puppenparasiten der Forleule, *Panolis flammea* SCHIFF. (Lep. Noctuidae). *Z. angew. Entomol.*, **56**, 97-147.
- COPPEL H. C., SMITH B. C., 1957. Studies on dipterous parasites of the Spruce Budworm, *Choristoneura fumiferana* (CLEM.) (Lepidoptera : Tortricidae). V/Omotoma fumiferanae (TOT.) (Diptera : Tachinidae). *Canad. J. Zool.*, **35**, 581-592.
- DADD R. H., 1964. A study of carbohydrate and lipid nutrition in the wax moth, *Galleria mellonella* (L.), using partially synthetic diets. *J. Insect Physiol.*, **10**, 161-178.
- DELOBEL B., 1970. *Galleria mellonella* L., hôte de remplacement pour *Phryxe caudata* ROND. (Dipt. Larvaevoridae) parasite de *Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, **2**, 373-379.
- DUTKY S. R., THOMPSON J. V., CANTWELL G. E., 1962. A technique for mass rearing the greater Wax Moth. *Proc. Entomol. Soc. Wash.*, **64**, 56-58.
- FISCHER R. C., 1959. Life history and ecology of *Horogenes chrysosticos* GMEL. (Hymenoptera, Ichneumonidae) a parasite of *Ephesia sericarium* SCOTT. (Lepidoptera, Phycitidae). *Canad. J. Zool.*, **37**, 429-446.
- GOOD M. E., MERRISON F. O., MANKIEWICZ E., 1953. Lipolytic enzymes extracted from *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera : Pyralidae) reared on natural and artificial media. *Canad. Entomol.*, **85**, 252-253.
- HAYDAK M., 1936. A food for rearing laboratory insects. *J. econ. Entomol.*, **29**, 1026.
- HERTING B., 1960. Biologie der westpaläarktischen Raupenfliegen (Dipt. Tachinidae). *Monogr. Angew. Entomol.*, n° 16, Paul Parey, Hambourg, 188 p.
- HSIAO T. H., HOLDAWAY F. G., CHIANG H. C., 1966. Ecological and physiological adaptations in insect parasitism. *Entomol. exper. appl.*, **9**, 113-123.
- LEIUS K., 1961. Influence of various foods on fecundity and longevity of adults of *Scambus buolianae* (HTG) (Hymenoptera : Ichneumonidae). *Canad. Entomol.*, **93**, 1079-1084.
- LOUGHTON B. G., 1965. The effect of parasitization by *Pimpla turionellae* L. on the emergence from its pupal case of its host *Galleria mellonella* L. *Canad. Entomol.*, **97**, 314-316.
- RYAN R. B., 1971. Interaction between two parasites, *Apechthis ontario* and *Itopectis quadricingulatus*. I/Survival in singly attacked, super and multiparasitized greater Wax moth pupae. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **64**, 205-208.
- SHAPIRO M., 1967. Pathologic changes in the blood of the greater Wax Moth, *Galleria mellonella*, during the course of nucleopolyhedrosis and starvation. I. Total hemocyte count. *J. Invert. Pathol.*, **9**, 19-25.
- SZMIDT A., 1960. Beiträge zur Biologie von *Dirhicmus alboannulatus* (RATZ) (Hym. Chalcididae) als Grundlage einer Massenzucht für die biologische Bekämpfung. *Entomophaga*, **5**, 155-163.
- ZOEBELEIN G., 1955. Versuche zur Verwendung von Ersatzwirten bei Laborzuchten der Zehrwespen *Micropectron fuscipennis* ZETT. und *Pteromalus alboannulatus* RATZ. (Chalc. Pteromalidae). *Anz. Schädlingssk.*, **28**, 65-67.

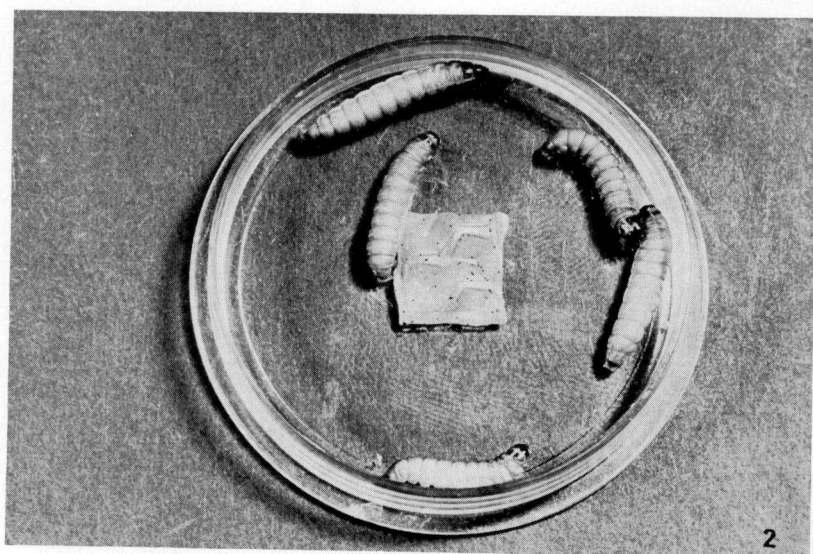
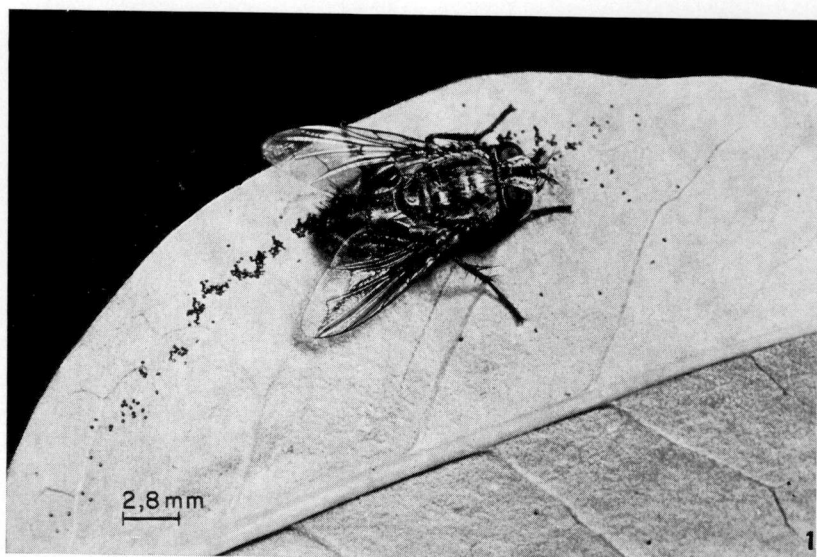
PLANCHE I

FIG. 1

Femelle de P. pavidus et œufs déposés sur une feuille

FIG. 2

Boîte utilisée pour la contamination des chenilles de G. melonella (noter les œufs de P. pavidus collés sur le morceau de cire gaufrée).



E. BILIOTTI et R. DESMIER de CHENON

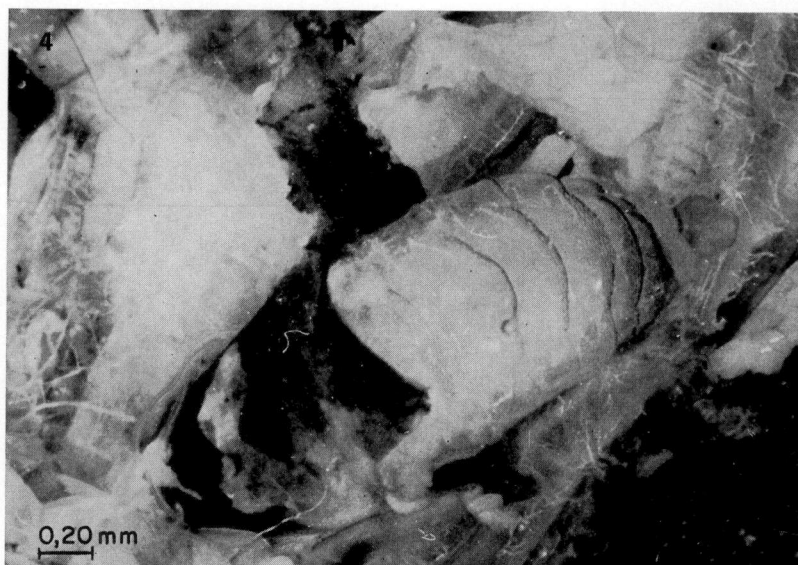
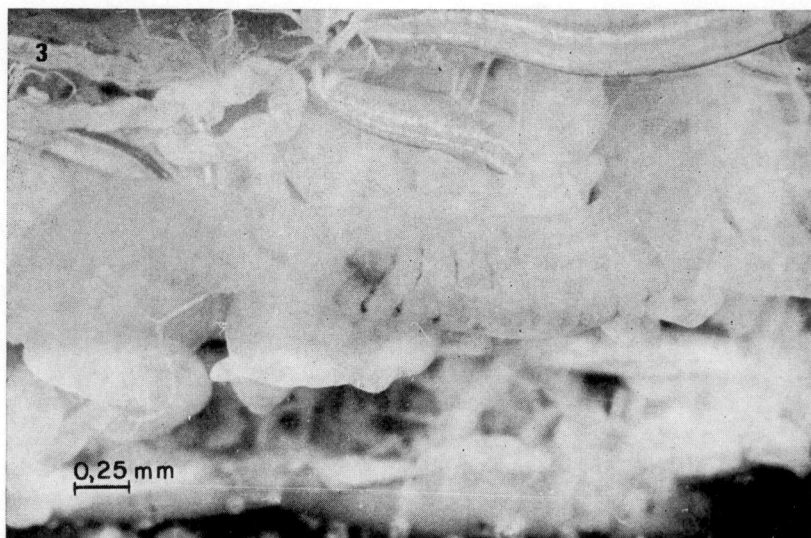
PLANCHE II

FIG. 3

Larves du 2^e stade de P. pavida à l'intérieur d'une glande séricigène de G. mellonella

FIG. 4

Larve du 3^e stade de P. pavida engagée dans sa « cheminée respiratoire ».



E. BILIOTTI et R. DESMIER de CHENON

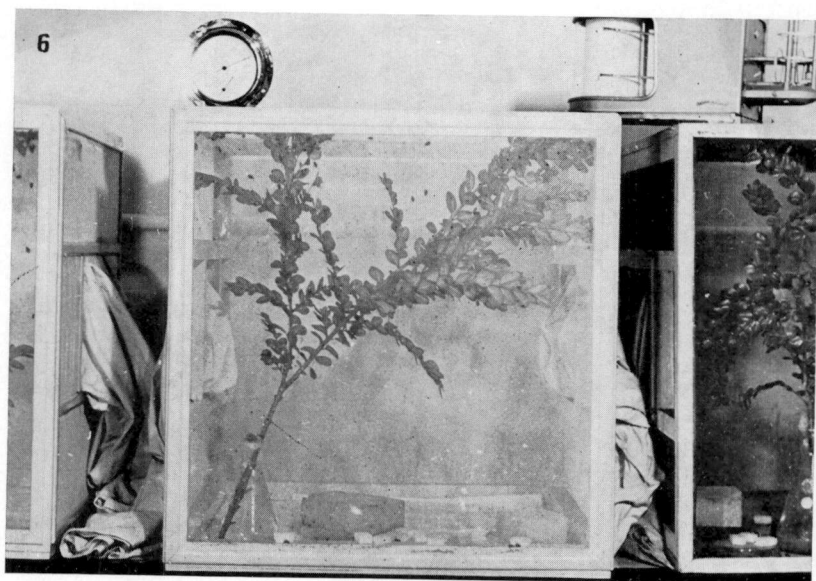
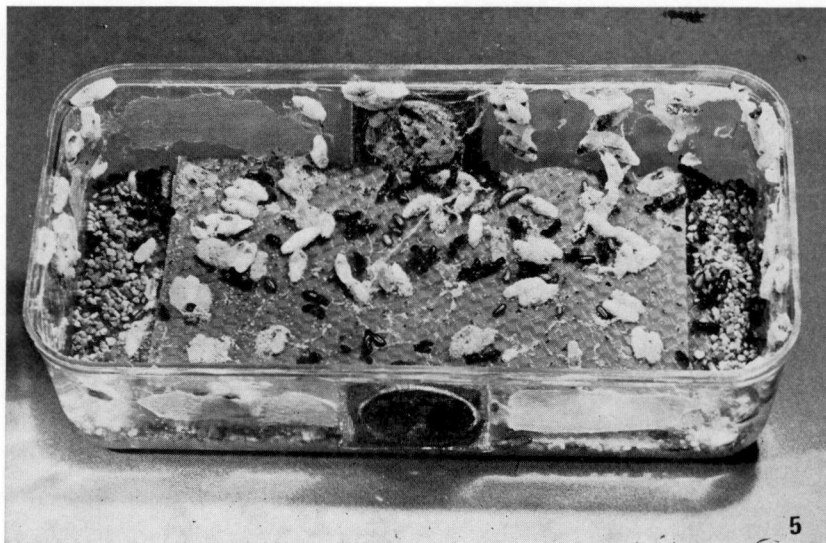
PLANCHE III

FIG. 5

Boîte d'élevage contenant des pupes de P. pavida

FIG. 6

Cage de ponte avec adultes de P. pavida



E. BILIOTTI et R. DESMIER de CHENON

LES POSSIBILITÉS DE CONSERVATION
DE LONGUE DURÉE DES COCONS
D'UN PRÉDATEUR APHIDIPHAGE :
CHRYSOPA PERLA (L.) (NEUROPTERA, CHRYSOPIDAE)

M. CANARD

U. E. R. de Biologie expérimentale,
Université Paul-Sabatier, 118, route de Narbonne,
31 - Toulouse

RÉSUMÉ

Une technique de conservation de longue durée des cocons d'une souche polyvoltine de *Chrysopa perla* (L.) est expérimentée. Les cocons sont stockés au froid à $6 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 1 jour après le tissage. Le rendement en adultes sains reste supérieur à la moitié pendant 6 mois ; il est encore d'environ 1/4 après 10 mois, mais il est nul après 1 an. Les femelles semblent légèrement plus résistantes que les mâles au traitement. La fécondité reste toujours bonne, supérieure ou égale à celle des individus ayant normalement subi la diapause.

INTRODUCTION

La lutte biologique contre les Aphidiens par l'emploi des entomophages se heurte bien souvent aux difficultés d'élevage de masse de ces auxiliaires. Ceci est particulièrement vrai pour ce qui est des prédateurs. Soit que l'on fasse appel à ces derniers par une technique d'introduction massive (dite *inundative*) ou soit au contraire que l'on s'oriente vers leur utilisation en faible densité comme prédateurs d'attente, dans les deux cas l'opérateur doit disposer à tous moments d'un stock de ces aphidiphages. Or leur entretien permanent à l'état actif est toujours très onéreux. Aussi, considère-t-on comme prioritaire (parmi d'autres) la recherche de techniques de conservation du matériel vivant durant de longues périodes (TCHOUMAKOV, 1970).

Parmi les Névroptères Chrysopides, seule à ce jour *Chrysopa carnea* STEPH. a été utilisée massivement. Les conditions de son élevage, tant alimentaires (FINNEY, 1950 ; HAGEN, TASSAN, 1966, 1970) que climatiques (CHOUVAKHINA, 1968 ; KUZNETSOVA, 1968, 1969) sont bien déterminées et on est en ce domaine sur la voie de l'industrialisation, notamment aux U. S. A. (RIDGWAY *et al.*, 1970). C'est cette même espèce dont les œufs ont fait récemment l'objet d'une ten-

tative de conservation au froid de la part des chercheurs russes de Golitsino (KUZNETSOVA, 1970). La présente note rend compte d'expériences de conservation de longue durée d'une autre *Chrysopa* suivant une technique dont on verra qu'elle ne porte que peu de préjudice au potentiel de multiplication.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'espèce éprouvée est *Chrysopa perla* L. La souche utilisée est polyvoltine issue par sélection d'une population naturelle de la région de Toulouse. La conservation est réalisée sur les cocons. Ceux-ci sont prélevés dans un élevage de masse collectif. Ils sont recueillis chaque jour, les manipulations étant faites à ce moment avec soin car leur fragilité est alors assez grande. Ils sont entreposés à 20° environ pendant 1 jour, afin que la larve puisse parachever la construction intérieure et que le durcissement soit complet. On a donc affaire à des larves de troisième stade ayant cessé toute activité motrice et sécrétrice, en immobilité prénymphale, avant les transformations diverses préparatoires à la mue nymphale. Les cocons sont enfin déposés dans une enceinte frigorifique. La température est de $6 \pm 1^\circ$ et l'humidité relative, non régulée, est sub-saturante.

Après conservation, les cocons sont remis dans les conditions initiales, soit 20° environ. Les lots prélevés jusqu'au sixième mois sont formés de 30 à 40 cocons ; le lot du dixième mois en comprend 137 et celui du douzième, 50. On note le nombre d'adultes émergents ainsi que leur sexe. Ne sont pris en compte que les imagos ayant effectué une mue imaginale complète et ayant rejeté le *meconium*, c'est-à-dire à chance de vie normale. A la fin des sorties, soit le huitième jour après la sortie du premier imago, on ouvre les cocons restant afin de juger de la date présumée de la mort : l'état d'évolution de la prénympe ou de la nymphe permet de reconnaître les cocons dont la mort se situe pendant ou après le stage au froid.

On forme à partir de chaque lot 5 couples dont on note la fécondité. Comme lors d'une précédente analyse du potentiel reproducteur de *Ch. perla* (CANARD, 1970), on enregistre la ponte durant les 15 premiers jours, bien que de nombreuses femelles atteignent une longévité supérieure à 2 mois et une fécondité totale élevée, dépassant même 1 000 œufs dans un cas.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats sont consignés dans le tableau. On constate tout d'abord que le taux d'émergence qui est de 0,96 dans le lot témoin (souche polyvoltine en développement permanent) diminue brusquement lors du premier mois de stockage, puis décroît plus lentement par la suite. La mort intervient le plus souvent à l'état de nymphe, au cours de la mue imaginale ou même, dans une proportion parfois importante, chez l'imago par non-évacuation du *meconium*. Le choc thermique n'a donc pas d'effets immédiats : il permet un ralentissement, voire un blocage total du métabolisme suivi d'une reprise d'activité apparemment normale. Ce n'est qu'au dixième mois que la mortalité durant le stockage devient importante et atteint près de la moitié de la population. On peut noter à titre de comparaison que la partie de la population naturelle entrant en diapause prolongée (7 mois ou plus suivant la génération) a un taux de survie de 0,45 durant cette même phase de son développement ; la mortalité lors des mues nymphales et imaginaires est, dans ce dernier cas, de 14 p. 100.

L'analyse de la *sex-ratio* appelle quelques commentaires. Dans la population naturelle de printemps qui sort de diapause, on a un équilibre des sexes très légèrement en faveur des mâles (S. R. = 0,44). Dans les élevages permanents ainsi que dans les générations naturelles d'été,

les sexes sont en proportions presque égales, les femelles prédominant de peu ($S. R. = 0,54$). Par contre, dans les lots conservés à l'exception du premier, les femelles actives sont nettement plus nombreuses : l'ensemble des 308 cocons a donné une *sex-ratio* moyenne de 0,60 (60 ♂ et 104 ♀). La cause semble en être principalement une mortalité préférentielle tardive des mâles, traduisant ainsi une sensibilité plus grande de ce sexe aux effets différés du refroidissement.

TABLEAU I
Facteurs du potentiel de multiplication de Chrysopa perla (L.)
(stockée au froid à l'état de cocon)

Durée de stockage (en mois)	0	1	3	4	5	6	10	12
Taux de survie durant le stockage : V'	1	0,77	0,72	0,67	0,63	0,61	0,26	0
Cocons morts pendant le stockage (%)		6	10	15	17	13	47	100
<i>Sex-ratio</i> $\frac{\text{♀}}{\text{♂} + \text{♀}}$: S'	0,54	0,48	0,66	0,60	0,52	0,71	0,58	
Valeur médiane de la fécondité : O' (valeurs extrêmes)	350 275-477	292 125-352	276 136-442	318 90-380	295 167-364	255 109-345	322 221-492	0
Taux net de reproduction post-larvaire par rapport à la souche polyvoltine (%) : R'	100	71	66	62	58	56	24	0

La fécondité mesurée est bonne, comparable sinon supérieure à celle des femelles ayant subi une diapause dans des conditions naturelles. La fertilité est toujours très bonne. A noter cependant la très grande dispersion de l'importance numérique des pontes qui vont de 90 à 492 œufs déposés en 15 jours. Ceci est probablement une conséquence de l'hétérogénéité qualitative des antécédents alimentaires larvaires, les larves ayant été nourries de Pucerons divers apportés en quantité dans une cage d'élevage unique. La petite taille des échantillons ne permet pas l'établissement d'une moyenne par lot. Toutefois, les valeurs peu différentes des médians et des extrêmes (tableau) laissent penser que la fécondité n'est pas affectée par le traitement au froid ; tout au plus, peut-on estimer que la sélection sévère enregistrée au dixième mois élimine les femelles aux possibilités les plus faibles, remontant ainsi les valeurs qui se rapportent à ce lot. Si l'on établit la moyenne ($\pm$ écart-type) sur l'ensemble des 6 lots, elle est de 278 ± 102 œufs par femelle. Dans le lot témoin polyvoltin, on obtient 350 œufs (de 275 à 477) et dans le lot printanier sortant de diapause, 223 (de 116 à 339).

Enfin, on a essayé d'exprimer le potentiel reproducteur à l'issue de la conservation. Il se traduit par un nombre que l'on a rapporté, pour plus de commodité, aux caractéristiques de la souche polyvoltine à laquelle on donne le coefficient 100. On ne prend en compte dans les calculs que des éléments postérieurs à la vie prédatrice larvaire. Aussi, cet indice R' représente-t-il le *taux net de reproduction post-larvaire*. A l'instar du taux de reproduction R (CANARD, 1970), il est fonction du taux de survie V', du nombre moyen d'œufs émis par les femelles O' et de la *sex-ratio* S'. On constate que cet indice :

— reste supérieur pendant 6 mois à la moitié de celui qui exprime la potentialité considérée comme maximale dans les conditions d'élevage,

- tombe au quart environ après 10 mois,
- est alors égal à celui des individus monovoltins (24).

En conclusion, la technique proposée assure une conservation de longue durée de *Ch. perla*. Elle présente cependant l'inconvénient d'exiger un temps de latence sensiblement égal à la durée d'évolution dans le cocon avant le début de la prédation. Ce handicap est toutefois minimal chez une espèce comme *Ch. perla* dont les adultes sont aphidiphages. En effet, contrairement à ce qui se passe chez *Ch. carnea*, la capture de proies est importante et essentielle pour assurer la maturation sexuelle et une fécondité normale (PHILIPPE, 1970). Et la conservation des cocons au froid peut offrir des possibilités bien supérieures en temps à celles procurées par la conservation des œufs qui, chez *Ch. carnea*, ne dépasse en aucun cas 3 semaines (KUZNETSOVA, 1970).

Reçu pour publication en juin 1971.

SUMMARY

POSSIBILITIES OF LONG PERIOD STORING THE COCOONS OF THE APHIDIPHAGOUS PREDATOR : *CHRYSOPE PERLA* (L.) (NEUROPTERA, CHRYSOPIDAE)

A technique of long duration storage of the cocoons of a polyvoltin stock of *Chrysopa perla* (L.) is tested. The cocoons are kept at low temperature : $6 \pm 1^{\circ}\text{C}$. They are left at 20° for 1 day after spinning in order to ensure completion and hardening. After a storage period of 1 to 12 months, the batches are sorted. The survival rate V' of healthy adults, capable of reproducing, is higher than half the rate for laboratory control stock for 6 months. It is about a quarter after 10 months and zero after 1 year. Females appear to be slightly more resistant to the treatment than males. The latter suffer late accidents during imago moult or by non-evacuation of the meconium. Fertility O' remains good, higher or equal to that of individuals undergoing a natural diapause. The storage technique is, therefore, a long duration feasibility for stocking the predator, ensuring a satisfactory « net post-larval reproduction rate » R' .

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CANARD M., 1970. Incidences de la valeur alimentaire de divers Pucerons (Homoptera, Aphididae) sur le potentiel de multiplication de *Chrysopa perla* (L.) (Neuroptera, Chrysopidae). *Ann. Zool. Écol. anim.*, **2** (3), 345-355.
- CHOUVAKHINA E.-Ya., 1968. *Méthode d'élevage au laboratoire de Chrysopes* (en russe). Publication de l'Institut fédéral de Recherches scientifiques de la Protection des Plantes de Léninegrad, 1968, 1-10.
- FINNEY G.-L., 1950. Mass-culturing *Chrysopa californica* to obtain eggs for field distribution. *J. econ. Entomol.*, **43** (1), 97-100.
- HAGEN K.-S., TASSAN R.-L., 1966. The influence of protein hydrolysates of yeasts and chemically defined diets upon the fecundity of *Chrysopa carnea* STEPH. *Věst. česk. Spol. Zool.*, **30** (3), 219-227.
- HAGEN K.-S., TASSAN R.-L., 1970. The influence of food yeast and related *Saccharomyces fragilis* yeast products on the fecundity of *Chrysopa carnea* (Neuroptera, Chrysopidae). *Canad. Entomol.*, **102** (7), 806-811.
- KUZNETSOVA YOU.-I., 1968. Investigations of some biological principles for mass breeding of *Chrysopa carnea* STEPH. *C. R. XIII^e Congr. intern. Entomol.*, Moscou, 1968 (sous presse).
- KUZNETSOVA YOU.-I., 1969. The effects of temperature and humidity of the air on *Chrysopa carnea* (Neuroptera, Chrysopidae) (en russe). *Zool. Zh.*, **48**, 1349-1357 (in *Entomol. Abstr.*, **1** (11), E 5298).
- KUZNETSOVA YOU.-I., 1970. A study of the possibility of storing the eggs of *Chrysopa carnea* STEPH. (Neuroptera, Chrysopidae) at low temperatures (en russe). *Zool. Zh.*, **49**, 1505-1514 (in *Entomol. Abstr.*, **2** (4), 2 E 1863).

- PHILIPPE R., 1970. *Biologie de la reproduction de Chrysopa perla (L.)* (Névroptères, Chrysopidae). Thèse Docteur-Ingénieur, Toulouse, **257**, 1-133.
- RIDGWAY R. L., MORRISON R. K., BADGLEY M., 1970. Mass rearing a green lacewing. *J. econ. Entomol.*, **63**, 834-836.
- TCHOUMAKOV E.-M., 1970. Problèmes posés par l'élevage de masse, en laboratoire, d'insectes utilisés pour la lutte biologique. Colloque franco-soviétique sur l'utilisation des entomophages. *Ann. Zool. Éol. anim.*, n° hors série, 1970, 9-16.
-

MISE AU POINT BIBLIOGRAPHIQUE

MÉTHODES D'ÉTUDE DE L'ACTION DES PASSEREAUX SUR DES INSECTES DÉFOLIATEURS

H. LE LOUARN

*Laboratoire des Petits Vertébrés,
Centre national de Recherches zootechniques, I. N. R. A.,
78 - Jouy-en-Josas*

RÉSUMÉ

La complexité de la démarche à suivre pour étudier quantitativement la prédation par les passereaux sur une population d'insectes nous a conduit, dans le cadre de notre étude sur la Tordeuse du mélèze *Zeiraphera griseana*, à faire une revue bibliographique des méthodes employées et des résultats obtenus par d'autres auteurs lors d'études comparables.

Si l'on veut estimer l'action des passereaux nicheurs en tant qu'agents de lutte biologique, il convient de procéder de la façon suivante :

après un recensement des oiseaux dans le secteur choisi, la première opération consiste en la pose de nichoirs artificiels. Celle-ci permet, selon beaucoup d'auteurs, d'augmenter les populations aviennes tout en permettant l'étude de la biologie de la couvaison et du régime alimentaire des jeunes.

Au cours des saisons successives, les fluctuations de population sont suivies par des recensements durant la période de nidification.

Une fois les variations qualitatives et quantitatives du régime alimentaire connues, il convient de mesurer l'impact de cette prédation sur l'entomofaune. Une telle étude nécessite donc à tous les niveaux une étroite collaboration entre entomologistes et ornithologues.

Les travaux les plus représentatifs effectués jusqu'à présent nous ont semblé être ceux de HÄHNLE — action de la pose de nichoirs et fluctuations de population — GIBB et BETTS — régime alimentaire — et ROYAMA — régime alimentaire et comportement de prédation.

Pour étudier le rôle régulateur que des espèces de petits Passereaux peuvent exercer sur une population d'insectes, il convient de connaître, outre les relations trophiques des deux groupes d'espèces, l'importance des diverses populations à tout moment de l'étude, mais aussi de pouvoir évaluer quantitativement l'effet de l'action des prédateurs sur le niveau des populations-proies.

Un des points de notre travail à Briançon était l'étude de l'influence de la pose de nichoirs artificiels sur les populations de Mésanges, et en second lieu sur les gradations de la Tordeuse du

Mélèze, *Zeiraphera griseana* HB. La complexité du problème abordé, qui sera discuté ci-après, nous a amené à faire cette mise au point bibliographique des méthodes employées et des résultats obtenus soit pour d'autres espèces de Mésanges dans d'autres milieux, soit pour d'autres oiseaux posant des problèmes techniques comparables.

Les chapitres suivants seront abordés :

- méthodes employées ;
- comportement des Mésanges dans le choix des lieux de nourrissage, puis dans le choix des proies ;
- données obtenues sur le régime alimentaire des jeunes ;
- action des nichoirs sur la densité d'oiseaux nicheurs ;
- action de la prédation sur les populations d'insectes.

MÉTHODES EMPLOYÉES

La démarche classique d'un tel genre d'étude est tout d'abord un recensement qualitatif et quantitatif des passereaux nicheurs du milieu étudié puis la pose de nichoirs artificiels. Ces nichoirs permettent d'envisager l'utilisation de différents dispositifs expérimentaux qui peuvent se classer dans les groupes suivants :

- des perchoirs à contacts électriques permettant un décompte des visites des parents au nid. Une variante en est le contacteur utilisé par GIBB (1955) consistant en une plaque de métal fixée à la partie supérieure du trou d'envol et basculant lors du passage de l'adulte ;
- des cages grillagées posées devant le nichoir emprisonnant l'oiseau qui arrive avec la becquée. D'après les auteurs russes le dégorgeement de la proie est de règle (RAKHILIN, 1964) ;
- un déclenchement par l'adulte d'un appareil photographique prenant une vue de la proie ; ceci permet de ne pas agir sur l'apport de nourriture aux jeunes ; ROYAMA (1970) tire les conclusions de 41 000 photographies prises en différents boisements ;
- la pose sur des jeunes de colliers les empêchant d'avaler les proies qu'ils viennent de recevoir ;
- de « faux jeunes » placés dans le nid recevant leur part de nourriture. Cette méthode a été décrite par BETTS (1964) ;
- citons enfin l'identification directe des proies à la jumelle par TINBERGEN (1949) méthode utilisable par un naturaliste polyvalent.

Des conditions particulières ont été rencontrées au Japon par HASEGAWA (1967). L'insecte étudié est *Hyphantria cunea* D. qui éclôt le soir et la nuit et se pose un moment le long des troncs. La prédation par différentes espèces d'oiseaux est très forte, et l'auteur l'évalue par comptage des ailes tombées chaque jour au pied de chaque arbre.

CHOIX DES LIEUX DE NOURRISSAGE, CHOIX DES PROIES

Les mésanges sont connues comme étant des oiseaux forestiers et se nourrissent dans les différentes parties des arbres. Si des mesures sont faites sur toute l'année on observe en futaie de chêne (BETTS, 1955) une ségrégation nette entre Mésange charbonnière et Mésange bleue. De même HARTLEY (1953), en boisement mixte feuillus-conifères, trouve une préférence de la part des Mésanges charbonnière *Parus major* L. et nonnette *Parus palustris* L. pour les branches, des Mésanges à longue queue *Agithalos caudatus* L. et bleue *Parus caeruleus* L. pour les rameaux, de la Mésange noire *Parus ater* pour les feuilles.

Par contre, ces deux auteurs notent que les différences sont moins bien marquées en période de nourrissage des jeunes, toutes les espèces se rencontrent plutôt dans les branches. Ceci est évidemment fonction des proies présentes.

Une certaine zone autour du nid est prospectée lors de la collecte des proies. D'après GIBB (1963) des Mésanges noires nichant en boisement de pin noir se déplacent à plus de 400 m (fréquemment de 450 à 1 000 m). KLUIJVER note des valeurs comparables pour la Mésange charbonnière *Parus major*.

Mais les différences entre espèces semblent surtout marquées dans le choix même des proies. Ces différences portent tout d'abord sur *leur taille*. GIBB note que celle-ci décroît selon l'ordre Mésanges charbonnière, bleue, alpestre, noire et BETTS montre que la taille moyenne est supérieure à 10 mm pour la Mésange charbonnière et inférieure à cette valeur pour la Mésange bleue. Les proies apportées aux jeunes nouveau-nés seraient également plus petites, mais ce fait est contesté par d'autres études. Les mêmes auteurs montrent les différences sur *les variétés* de proies. BETTS indique que si l'on trouve des chenilles en abondance dans le régime des jeunes Mésanges charbonnière et bleue, pour la première on rencontre au total 19 p. 100 d'insectes adultes, pour la seconde 0 p. 100 mais beaucoup de pupes. GIBB montre dans une étude faite en pinède mixte les différences à la fois entre espèces et entre pontes (premières pontes et pontes tardives). Ainsi pour la Mésange charbonnière on note une augmentation de l'apport des chenilles défoliatrices dans les couvées tardives (*Panolis*, *Lymantria* et larves de diprionidés) et parallèlement une diminution des autres chenilles et des papillons. Pour la Mésange bleue, l'apport principal vient d'abord des feuillus, puis des secteurs de pinèdes pour les couvées tardives. La Mésange noire apporte surtout des larves diverses, avec pupes et des adultes de lépidoptères pour les couvées tardives, avec relativement beaucoup d'araignées. Quelques données sur la Mésange alpestre, *Parus montanus*, montrent l'abondance des Tortricidés.

ROYAMA (1970) montre également chez la Mésange charbonnière une succession dans la nature des composants du régime alimentaire.

On peut se demander les raisons de ce choix de la part des adultes. Sans vouloir présenter un tableau complet des causes multiples de ce comportement on peut en présenter le schéma suivant :

— les facteurs dépendant de l'oiseau sont sans doute le lieu de chasse, la morphologie (du bec principalement) la date d'éclosion, mais aussi l'âge des jeunes comme le montre ROYAMA (1970) chez la Mésange charbonnière : chez cette espèce, les araignées constituent les premiers jours la grande majorité des apports, ceci étant attribué par l'auteur à des besoins nutritionnels particuliers ;

— les facteurs dépendant de la proie sont principalement des facteurs biologiques (dates d'éclosion, de pupaison, de sortie des adultes) auxquels sont liés des comportements particuliers comme le montre ROYAMA. TINBERGEN (1960) a de son côté étudié les pourcentages de prédation lors de la gradation d'une espèce de proie. Même lorsque le niveau de population est d'emblée relativement important, l'espèce est peu trouvée, et l'auteur pense qu'un apprentissage de la part du prédateur est nécessaire. Une augmentation très forte de la prédation se produit ensuite, suivie d'un pallier situé avant le sommet de la gradation.



Ajoutons que des interactions peuvent se produire entre les deux groupes de facteurs : phénologie et densité de l'insecte sur le lieu de chasse par exemple ; mais nous observons de plus en montagne un décalage dans les dates de ponte des mésanges suivant l'altitude, ce qui laisse à penser qu'il y aurait coïncidence entre la phénologie des insectes et les dates de ponte (et, partant, d'éclosion) des oiseaux.

TINBERGEN (1960) présente un modèle mathématique de cette prédation, repris et discuté par ROYAMA (1970).

RÉGIME ALIMENTAIRE DES JEUNES, ASPECTS QUANTITATIFS

Connaissant la composition qualitative globale du régime alimentaire des jeunes, il convient pour apprécier la prédation de connaître le nombre des proies apportées au cours de la saison pour un nid ou une population. D'assez nombreuses mesures ont été faites pour les Mésanges charbonnières et bleues sur le nombre de visites par heure et par jour. Le tableau suivant fait état des données recueillies où nous avons joint les observations faites en mélézin pour la Mésange noire *Parus ater* et la Mésange alpestre *Parus montanus*.

Espèce	Nombre de visites			Remarques		Auteurs
	Total	Par jour	Par heure	Couvée	Nbre de jeunes	
Mésange charbonnière	7 000	496	31		10	WARGA, 1934
			25			PROMPTON, 1938
		286	16			WARGA, 1942
		400-535		1 ^{re}	6 à 13	GIBB, 1950
		380		2 ^e	Moyenne 6,8	GIBB, 1950
	10 685	120-937		1 ^{re}	10	KLUIJVER, 1950
		658		1 ^{re}	10	— —
		423		1 ^{re}	9	— —
		487-542		1 ^{re}	6	— —
	4 042	52-256		2 ^e	7	— —
		219-252		2 ^e	6 à 9	— —
	4 727			1 ^{re}	9	BETTS, 1955
			35	1 ^{re}	9	GIBB, 1955
	6 768	355		1 ^{re}	9	BOUCHNER, 1959
	6 526	359	24	1 ^{re}	13	GYURKO, 1959
Mésange bleue			15-20	2 ^e	5-8	HUBLE, non pub.
			36	1 ^{re}	9	HUBLE, non pub.
		85-105	4-10			Tso-Hsin, 1959
		620	35-48	1 ^{re}		PFEIFER, 1962
			40	1 ^{re}	9	BRIEDE, 1940
			42	1 ^{re}	8	PULLEN, 1945
			27	1 ^{re}	10	ARNOLD, 1952
		535	31	1 ^{re}	12	GYURKO, 1959
Mésange noire			29	1 ^{re}	4	HUBLE, non pub.
	10 822					
	12 636	515-574	34-38	1 ^{re}	8 et 16	HUBLE, 1960
	5 010	264	18	2 ^e	6	HUBLE, 1960
		695	31-52	1 ^{re}		PFEIFER, 1962
Mésange alpestre	4 660		1-7	1 ^{re}	6 et 9	LE LOUARN

Il paraît tentant d'extrapoler les données obtenues, à partir de quelques comptages journaliers de plusieurs couvées, à l'ensemble de la période de nourrissage d'une couvée puis à l'ensemble de la population de mésanges du secteur étudié. Il faut prendre de grandes précautions ; en effet d'autres différences apparaissent.

Au cours de la journée : si l'ensemble des données montre que le nourrissage dure de

12 à 13 h par jour le rythme de visite varie suivant l'heure. Tso-Hsin trouve deux maximums entre 11 et 12 h puis 14 et 15 h, chez la Mésange charbonnière *Parus major* et KLUIJVER trouve un rythme plus rapide le matin, avec dans l'après-midi une baisse moyenne de 40 p. 100.

Au cours de la vie des jeunes : selon Tso-Hsin le maximum se place pour la variété *artatus* de la Mésange charbonnière au 10^e jour aussi bien pour les premières que les secondes couvées.

Enfin suivant la date d'éclosion des œufs : sur le tableau ci-dessus nous voyons que l'apport lors des secondes couvées est numériquement toujours plus faible.

Il faut aussi remarquer que les comptages de visites ne suffisent pas à déterminer le nombre de proies apportées. GIBB note ainsi le nombre de proies par visite :

	Premières couvées	Couvées tardives
	—	—
Mésange charbonnière <i>Parus major</i>	1,2	1,1
Mésange bleue <i>Parus caeruleus</i>	1,4	1,0
Mésange noire <i>Parus ater</i>	3,3	2,2

La diminution constante lors des couvées tardives est sans doute en relation avec la taille plus grande des proies. Le même auteur remarque que l'apport nutritionnel est plus grand lors des secondes couvées (7,3 kcal contre 3 à 5).

Il faut de toute manière se garder de généraliser trop vite les données obtenues : la prédation varie qualitativement et quantitativement, dans la même espèce de Mésange, suivant :

- 1^o les dates d'éclosion,
- 2^o les heures du jour,
- 3^o l'âge des nichées.

Aussi des comptages rapprochés et constants doivent être effectués pour un bon échantillonnage.

ACTIONS DES NICHAIRES SUR LES PEUPELEMENTS EN OISEAUX

Il est généralement admis que la pose de nichoirs artificiels favorise l'installation des populations nicheuses d'un boisement. Mais les expériences effectuées sont parfois contestables, soit que la densité est telle qu'un déséquilibre dans le peuplement intervient (ALTENKIRCH, 1965, posant 41 nichoirs par ha dans une futaie de chêne, voit 30 à 40 p. 100 d'occupation par les Étourneaux puis les Mulots et Lérots) soit que la pose de nouveaux nichoirs intervienne au cours de l'expérience (HÄHNLE, 1960 ; ALTENKIRCH, 1963).

Deux études, par contre, sont assez démonstratives ; KLUIJVER (1951) montre qu'une population de Mésange charbonnière *Parus major* en boisement mixte feuillus-conifères voit sa densité augmenter par la pose de nichoirs et surtout se maintenir durant les hivers rudes. De son côté TINBERGEN (1946) arrive à multiplier par trois la population de mésanges d'une forêt de pins sans cavités naturelles — notons que cette étude a rencontré des conditions très particulières du fait du manque de places naturelles de nidification —.

Les données sur lesquelles nous nous sommes basés lors de la pose de nichoirs dans le mélézin sont celles de WELLENSTEIN (1962) qui a étudié l'action de la densité de nichoirs sur l'augmentation de la densité avienne. Cet auteur donne une densité de 10 nichoirs par ha comme valeur optimale.

L'occupation maximale ne se produit qu'au bout de quelques années (6 à 7 ans d'après les graphiques de HÄHNLE pour l'ensemble des espèces, 4 ans pour ALTENKIRCH). De notre côté nous obtenons au bout de la troisième année une augmentation constante pour un des secteurs, tandis que pour les deux autres l'occupation varie selon les années.

Il convient de relater enfin l'expérience montrée par PFEIFER et KEIL (1958) près de Francfort. Elle consiste en l'étude de l'action des oiseaux nicheurs sur la Tordeuse du chêne *Tortrix viridana* L. Les mesures de protection ont été très complètes puisqu'elles ont porté aussi bien sur la pose de différents types de niochirs que sur l'aménagement des haies et buissons et la protection des oiseaux en hiver. Le nombre de couvées réussies (toutes espèces réunies) est passée en 5 ans de 16,4 à 41 à l'hectare.

ACTION DE LA PRÉDATION SUR LES POPULATIONS D'INSECTES

Une longue étude de HÄHNLE, souvent prise comme exemple, montre que depuis l'installation en 1926 de niochirs artificiels dans un secteur de pinèdes à Steckby (est de l'Allemagne) les pullulations de la Phalène du pin *Bupalus piniarius* sont fortement amorties à chaque invasion. L'action permanente des oiseaux insectivores est corroborée par des mesures dans d'autres secteurs « non protégés ». HERBERG (1960) qui a suivi cette expérience note également des résultats encourageants en chênaie à propos des pullulations de *Tortrix viridana*.

Sans aller aussi loin dans ses conclusions, BETTS (1951) montre que les différentes mésanges des secteurs avec niochirs détruisent entre 1,4 et 4,8 p. 100 des défoliatrices du chêne, contre respectivement 0,9 et 3,2 p. 100 et 0,5 à 2,6 p. 100 des larves de cheimatobie *Operophtera brumata* contre 0,3 et 1,7 p. 100 dans des secteurs « non protégés ».

GIBB (1963) trouve que sur pin noir, du 1^{er} mai au 15 juin 1956, les Mésanges noires prélèvent 48 000 *Evetria* (larves et pupes) par 10 ha soit 20 p. 100 du stock. WELLENSTEIN admet que 50 p. 100 des hyménoptères et lépidoptères au stade chenille sont l'objet de la prédation par les passereaux se trouvant en niochirs artificiels dans le même secteur. Ces deux derniers auteurs ne montrent pas ce qu'il advient ensuite des populations d'insectes réduites par la prédation et l'étude de HÄHNLE reste ainsi la seule du genre.

DISCUSSION — CONCLUSION

Dans le cadre de notre travail à Briançon les démarches effectuées jusqu'à présent ont été les suivantes :

- 1° après recensement des couples de passereaux nicheurs de trois secteurs de mélèzin, la pose de niochirs artificiels à une densité de 12 ha ;
- 2° l'étude de l'action de ces niochirs sur la densité des différentes espèces de mésanges ;
- 3° l'étude de la biologie de la couvaison (taux et réussite des couvées, dates de pontes et dates de nourrissage des jeunes) ;
- 4° essais de dénombrement des apports de nourriture aux jeunes et de la composition qualitative de cette nourriture.

Les données bibliographiques rapportées ci-dessus montrent la complexité de l'approfondissement de notre étude. En effet même si de rares données existent pour les Mésanges noire et alpestre que nous trouvons dans le mélèzin, les études ont été faites en plaine pour des forêts de conifères divers. Si quelques caractéristiques semblent constantes (milieu de prédation, taille des proies) le fait que l'entomofaune soit différente et surtout que sa phénologie varie suivant l'altitude nécessite toute une étude particulière.

De même, tout un programme d'échantillonnage est à mettre au point, compte tenu du fait que le nourrissage des jeunes varie à la fois suivant les heures du jour et l'âge des jeunes.

Enfin des techniques mêmes d'étude de la composition qualitative de la nourriture sont encore à perfectionner afin d'obtenir le « régime-type » des espèces étudiées.

Ce n'est qu'ensuite que nous pourrions connaître l'action effective de la prédation sur la Tordeuse du Mélèze.

Reçu pour publication en juillet 1971.

SUMMARY

METHODS TO STUDY THE ROLE OF THE PASSERINE BIRDS ON DEFOLIATORS

Studying quantitatively the predation of passerine birds on insects populations is so complexe, that we have been induced in making the bibliography of methods used and results obtained by different authors doing similar studies.

For studying the biological predation caused by passerine birds on insects, the procedure is the following :

— Census of all birds in the chosen area.

— Laying of artificial nests, which enhances natural population and gives possibility to study the breeding biology, and particularly variations in the food given to the young.

— Measure of the predation on the entomofauna which necessitates constant collaboration between entomologists and ornithologists.

The bibliographical analysis containing the most informations are :

HÄHNLE : action of nests laying, and population fluctuations.

GIBB et BETTS : alimentation.

ROYAMA : alimentation and predation behavior.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALTENKIRCH W., 1963. Vogelschutz und Eichenwickler (*Tortrix viridana*). *Angew. Ornithol.*, **1** (3-4), 149-157.
- ALTENKIRCH W., 1965. Vogelschutz und Eichenwickler (*Tortrix viridana*). *Angew. Zool.*, **52** (2), 197-244.
- ARNOLD G. A., 1952. The nesting of a pair of blue Tits. *British Birds*, **45**, 175-180.
- BETTS M., 1951. Experiments with an artificial nestling. *British Birds*, **44**, 229-231.
- BETTS M., 1955. The food of Titmice in Oak Woodland. *J. Anim. Ecol.*, **24**, 282-323.
- BOUCHNER M., 1959. Aktivität und Nahrungsbedarf der Kohlmeisen während der Brutzeit. *Internat. Union Angew. Ornithol. Seebach*, mai 1959.
- BRIEDE O., 1940. Waarnemingen bij mezen. *Amoeba*, **19**, 158-161.
- GIBB J., 1955. Feeding rates of great Tits. *British Birds*, **48**, 49-58.
- GIBB J., BETTS M., 1963. Food and food supply of nestling tits (*Paridae*) in Breckland pine. *J. Anim. Ecol.*, **32**, 489-533.
- GYURKO I., GAL J. K., GYORFI S., RATHONYI K., 1959. Observations on the feeding of the young of some Passeridae. *Aquila*, **66**, 37-39.
- HÄHNLE H., 1960. Kiefern-schadinsekten und Vogelwelt. *Bund. Vogelschutz*.
- HARTLEY M. A., 1953. An ecological study of the feeding habits of the English titmice. *J. Anim. Ecol.*, **22**, 261-288.
- HASEGAWA H., ITO Y., 1967. Biology of *Hymantria cunea* D. (Lepidoptera Arctiidae) in Japan. I. Note on adult biology with reference to the predation by birds. *Appl. Ent. Zool.*, **2**, 100-110.
- HERBERG M., 1960. Drei Jahrzehnte Vogelhege zur Niederhaltung waldschädlicher Insekten durch die Ansiedlung von Höhlenbrütern. *Archiv. Forstwesen*, **9**, 1015-1048.
- HUBLE J., 1960. Feeding rates of blue Tits. *De Giervalk*, **50**, 465-476.
- KLUIJVER H. N., 1950. Daily routines of the great tit, *Parus m. major* L. *Ardea*, **38** (3-4), 99-135.
- KLUIJVER H. N., 1951. The population ecology of the great Tit *Parus m. major* L. *Ardea*, **39**, 1-135.

- PFEIFER S., KEIL W., 1958. Versuche zur Steigerung der Siedlungsdichte höhlen- und freibrütender Vogelarten und ernährungsbiologische Untersuchungen an Nestlingen einiger Singvogelarten in einem Schadgebiet des Eichenwicklers (*Tortrix viridiana* L.) im Osten von Frankfurt a. Main. *Biol. Abhandl.*, **15-16**, 1-52.
- PFEIFER S., KEIL W., 1962. Untersuchungen über die Fütterungsfrequenz einiger Singvogelarten. *Ornitol. Mitt.*, **2**, 21-26.
- PULLEN N. D., 1945. Further notes on the breeding of blue Tits. *British Birds*, **39**, 162-167.
- RAKHILIN V. K., 1964. On of the procedures to study feeding of birds nesting in hollows. *Zool. Zh.*, **1**, 149-150.
- ROYAMA T., 1959. A device of an auto-cinematic food recorder. *Tori*, **15**, 172-176.
- ROYAMA T., 1970. Factors governing the hunting behavior and selection of food by the great Tit. (*Parus major* L.) *J. Anim. Ecol.*, **39** (3), 619-657.
- TINBERGEN L., 1946. De sperwer als roofvijand van zangvogels. *Ardea*, **34** (1).
- TINBERGEN L., 1949. Bosvogels en insecten. *Nederl. Boschbouw Tijds.*, **4**, 91-105.
- TINBERGEN L., 1960. The natural control of insects in pinewood. I. Factors influencing the intensity of predation by songbirds. *Arch. Neerl. Zool.*, **13**, 265-343.
- TSO-HSIN C. YEB-WEN C., 1959. Studies on the breeding behavior of some insect-eating birds in the fruit-producing district of Chang Le, Hopei province. *Acta Zool. Sinica*, **11** (1), 101-115.
- WELLENSTEIN G., 1962. Studien über die Auswirkungen eines Aussiedlungsversuches von Vögeln und Waldameisen auf die Populationsdichte von Forstinsekten in einem Kiefernwald Südwestdeutschland *Festschrift der Vogelschutzwarte für Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland*.

INFORMATION

ORGANISATION EUROPÉENNE ET MÉDITERRANÉENNE
POUR LA PROTECTION DES PLANTES

20^e ANNIVERSAIRE DE L'O. E. P. P.

Esprit dans lequel l'O. E. P. P. a été fondée

L'unité européenne naissante dont les nombreux avantages se dessinent de plus en plus nettement est sans doute l'aboutissement d'innombrables efforts de coopération entrepris depuis longtemps dans les domaines les plus divers. Il est vrai cependant que, sans la clairvoyance et la volonté des promoteurs qui ont agi en tant que catalyseurs, le noyau actuel de l'Europe n'aurait jamais vu le jour. Ainsi, le long travail préparatoire n'a pu véritablement conduire à une intégration qu'au moment où les nombreux résultats acquis ont été réunis et judicieusement mis en valeur.

Il peut paraître présomptueux de la part d'une Organisation internationale spécialisée dans la protection des plantes cultivées de prétendre avoir également contribué au rapprochement entre les pays, et pourtant ce serait une erreur de sous-estimer l'apport que représente dans ce sens la solide union qui existe depuis si longtemps sur le plan phytosanitaire entre 31 États européens et méditerranéens, dont font partie l'Union soviétique et six autres pays de l'Est.

C'est en effet en 1951 que l'idée d'une conjugaison des efforts pour coordonner la lutte contre les déprédateurs des cultures a pris corps, grâce à l'esprit d'initiative et à la clairvoyance de pionniers auxquels nous aimerions rendre hommage. Le Dr WILKINS, premier Directeur général, mérite en tout premier lieu notre admiration et notre reconnaissance, car il s'est trouvé au cœur de ces développements et a su mener à bien les délicates négociations qui ont abouti à la signature de la Convention de l'O. E. P. P.

Buts recherchés par l'O. E. P. P. et moyens de les atteindre

Le simple terme de coopération internationale, souvent galvaudé, ne reflète que d'une façon trop générale les nombreux objectifs que l'O. E. P. P. s'est fixés aux termes de la Convention de 1951. Il serait cependant fastidieux de les énumérer tous, alors que les moyens de l'Organisation l'obligent à se tenir aux activités prioritaires susceptibles de présenter le plus d'intérêt pour ses Membres.

Le fil conducteur auquel les travaux de l'O. E. P. P. se rattachent concerne plus particulièrement les problèmes pratiques, de portée économique, qui s'opposent à la mise en œuvre d'une protection rationnelle des plantes sans risques véritables pour l'Homme et son environnement.

Les lignes directrices et les recommandations adressées par l'O. E. P. P. aux Ministres de l'Agriculture ainsi qu'aux Directeurs des services de la protection des végétaux et de la recherche agronomique traduisent le souci de parvenir à une unité de conception. La voie est ainsi ouverte à un travail en commun qui doit permettre de répartir les efforts et de concentrer les investissements là où ils sont le plus nécessaires et le plus rentables. Ces recommandations, rédigées au sein de collèges d'experts scientifiques, techniques et administratifs particulièrement qualifiés, reposent sur des études sérieuses ; le concours apporté dans ce sens par les organisations spécialisées nationales et internationales est particulièrement apprécié car il conduit à la valorisation des éléments de recherche qui seront intégrés dans un système de lutte placé à la portée du cultivateur. Le rôle coordonnateur de l'O. E. P. P. prend ainsi toute sa signification.

L'ensemble des activités de l'O. E. P. P. ainsi résumées, on le voit, tendent à contribuer, en conformité des dispositions de la Convention internationale pour la Protection des Végétaux établie par la F.A.O. en 1951, à la rationalisation de la production agricole, tout en supprimant les obstacles qui s'opposent aux échanges commerciaux des biens de consommation d'origine végétale.

Le chemin déjà parcouru révèle l'intérêt de ce travail commun, il montre aussi à quel point les liens doivent encore être resserrés pour résoudre les nombreux problèmes qui subsistent et pour éviter que des recherches entreprises parallèlement ne se rejoignent jamais ou demeurent dans l'oubli.

Le Directeur général de l'O. E. P. P.

Dr G. MATHYS
Paris, juillet 1971.

CHRONIQUE DES LIVRES

BUHL (C.) und SCHÜTTE (F.). — PROGNOSE WICHTIGER PFLANZENSCHADLINGE IN DER LANDWIRTSCHAFT. — Berlin et Hamburg, Verlag Paul Parey, 1971, 364 p.

Ce livre tente une synthèse des connaissances actuelles dans le domaine de la prévision et des avertissements sur les déprédateurs animaux des plantes cultivées ; les recherches et leurs résultats sont valables en Europe centrale. Le but de l'ouvrage est de présenter les difficultés et les possibilités de la prévision, les problèmes de rentabilité de la lutte, même en cas d'invasion de déprédateurs nouveaux inconnus, ainsi que la question de la préservation de l'équilibre naturel et de l'amointrissement des dégâts causés par les résidus des substances chimiques de lutte.

La première partie traite, en général, des méthodes de prognose, par détermination de la densité de population et de sa rapidité d'évolution ; il y est question, également, des problèmes de l'organisation des avertissements et de la lutte.

La deuxième partie est consacrée à l'étude systématique des déprédateurs importants, c'est-à-dire à ceux attaquant plusieurs types de cultures.

Une partie est consacrée à l'étude des déprédateurs des grandes cultures : céréales, betterave, pomme de terre, colza, navette et plantes fourragères comme le trèfle et la luzerne.

La dernière partie est consacrée plus spécialement aux déprédateurs des cultures potagères.

Chacun des chapitres traite d'abord des caractéristiques du déprédateur, ensuite des méthodes d'avertissement, par diagnostic de l'invasion et diagnostic des symptômes.

STARY (P.). — BIOLOGY OF APHID PARASITES (HYMENOPTERA : APHIDIIDAE) WITH RESPECT TO INTEGRATED CONTROL. — La Haye, Dr. W. Junk, 1970, 643 p. (Séries Entomologica, t. 6).

Ce livre entreprend une analyse détaillée de la biologie des parasites des aphides, dans l'optique de leur utilisation dans la lutte intégrée contre ces déprédateurs.

Les premiers chapitres sont consacrés aux méthodes d'étude, à la morphologie et à l'anatomie de divers types de parasites, à une description des genres et sous-genres.

Un chapitre détaillé traite du développement et des mœurs des aphides, de leur écologie et de leurs relations avec leurs parasites. Il y est question de la spécificité de l'hôte, des diverses questions d'adaptation, des effets réciproques des hôtes et des parasites, des relations intra- et interspécifiques.

Un chapitre est consacré à la phylogénie des parasites appartenant à une branche des Hyménoptères.

Un chapitre suivant traite plus en détail de la distribution et des complexes biocénétiques des aphides et de leurs parasites, dans leurs interrelations ; les foyers naturels sont également traités.

Les chapitres suivants sont consacrés plus spécialement aux méthodes de lutte contre les aphides : limitation naturelle, contrôle biologique, lutte intégrée, contrôle multilatéral et aux modalités et programmes divers de ces méthodes de lutte.

STERILE-MALE TECHNIQUE FOR CONTROL OF FRUIT FLIES. — Proceedings of a panel on the application of the sterile-male technique for control of insects with special reference to fruit flies, organized by the joint F.A.O./I.A.E.A. Division of Atomic Energy in Food and Agriculture. Vienne, Septembre 1969, I.A.E.A., Vienne, 1970, 175 p. (Panel proceedings series).

Cet ouvrage fait suite à une série d'autres ouvrages déjà parus sur le contrôle des insectes par la technique des mâles stériles.

— Parmi les insectes nuisibles, les mouches des fruits de la famille des *Tephritidae* ont été particulièrement étudiées, car elles sont faciles à élever, pour un coût relativement bas, et leur éradication par la méthode des mâles stériles est particulièrement efficace.

Cette publication contient les papiers présentés au groupe de travail, et quelques courtes notes résumant les travaux de plusieurs centres.

Les articles concernant la mouche méditerranéenne des fruits ont été regroupés.

Les techniques de stérilisation par irradiations, et par produits chimiques sont étudiées. En ce qui concerne l'élevage en masse, les études faites incluent la production des œufs, de larves et de pupes, le traitement des pupes, le milieu nutritif, le développement de méthodes semi-automatiques de collectionnement de larves et de pupes.

Une étude sur la physiologie de *Ceratitis capitata* en liaison avec des techniques de stérilisation des mâles, donne des renseignements sur la nutrition, le métabolisme, la respiration des larves et des pupes, et l'influence de ces phénomènes sur l'émergence et la vitalité des adultes.

Les pertes de vigueur après utilisation sont un facteur important pour le succès de la lutte autocide. Des comparaisons sont faites entre mâles irradiés et non irradiés.

Plusieurs articles donnent des résultats d'expérience d'éradication en plusieurs pays (Italie, Nicaragua, Hawaï...).

Les comptes rendus des travaux effectués sur d'autres mouches que *Ceratitis capitata*, telles que *Dacus dorsalis* H., *D. cucurbitae* coq., *Rhagoletis cerasi* L., *Anastrepha ludens* Low., *A. suspensa* Loew, *D. oleae* Gm. sont donnés. Il semblerait que les connaissances sur les techniques d'élevage, le dosage des stérilisants et la physiologie des espèces en cause soient encore insuffisantes.

Des recommandations générales et spécifiques pour l'application des techniques de stérilisation des mâles dans la lutte contre les mouches des fruits complètent cet ouvrage.

BURGES (H. D.) et HUSSEY (N. W.), éd. — MICROBIAL CONTROL OF INSECTS AND MITES. — London, New York, Academic Press, 1971, 861 p.

Cet ouvrage comporte une étude détaillée des possibilités actuelles et des perspectives d'avenir de la lutte intégrée contre les arthropodes nuisibles, par l'utilisation de leurs pathogènes naturels, des virus aux nématodes ; ces moyens de lutte ont l'avantage sur les traitements chimiques, de ne pas poser, pratiquement, de problème de pollution.

Une première partie traite de l'identification des pathogènes d'insectes, avec une revue des méthodes de collection et de diagnostic ; il y est donné une description des principaux groupes d'organismes infectieux.

Une partie importante est consacrée aux problèmes particuliers de recherche et d'utilisation des divers types de pathogènes : bactéries, virus, champignons, protozoaires, rickettsies et nématodes.

Dans la partie suivante, on trouve une étude des toxines de micro-organismes, en tant qu'insecticides chimiques d'un type nouveau. Une analyse détaillée y est faite, en particulier, des propriétés des toxines de *Bacillus thuringiensis* : biosynthèse, conformation, biochimie et mode d'action de la toxine protéique cristalline ; propriétés physico-chimiques et biologiques de l'exotoxine thermostable. On y traite également du mécanisme d'action de ces toxines sur l'hôte.

Des chapitres spéciaux sont consacrés aux problèmes particuliers du contrôle microbien des acarins et des tiques, des aphides et des cochenilles, des termites, ainsi que des arthropodes d'importance médicale.

Une partie du livre traite ensuite de ces moyens de lutte dans le contexte de l'environnement et de l'agronomie actuelle ; on y trouve l'influence des divers facteurs écologiques et d'exploitation, sur les insectes, et partant, sur la lutte intégrée. Il y est également traité des problèmes de résistance des prédateurs aux agents microbiens et à leurs toxines, ainsi que des interactions contre les divers pathogènes. On trouve, ensuite, une étude des garanties de sécurité de ces méthodes de lutte, pour l'homme et les vertébrés d'une part, pour les insectes utiles, d'autre part.

La dernière partie de l'ouvrage est consacrée aux modalités de production et de propagation des pathogènes et de leurs toxines. On y analyse les possibilités de culture en milieu artificiel, de propagation par des organismes ou fragments d'organismes vivants, de maintien et amélioration des souches et de fabrication et standardisation d'insecticides d'origine microbienne.

FORD (E. B.). ECOLOGICAL GENETICS. — (3^e édition). London, Chapman et Hall Ltd., 1971, 410 p.

Cet ouvrage présente les possibilités actuelles d'étude de la génétique dans le domaine de l'évolution, de l'adaptation et de l'écologie. Des exemples concrets d'études expérimentales viennent illustrer chaque problème traité.

Les premiers chapitres traitent des problèmes généraux de génétique des populations, comme la fluctuation numérique, l'évolution des caractères de façon isolée, ou parallèle et les transitions entre diverses formes.

Une série de chapitres est consacrée aux divers aspects et à l'importance du polymorphisme génique ; un chapitre traite du polymorphisme chromosomique. On trouve une partie spéciale traitant du mimétisme et de ses aspects concernant le polymorphisme et l'évolution.

Un autre chapitre particulier est consacré au mélanisme, à sa distribution, aux diverses modalités de sélection naturelle, à son évolution. On y traite également, des problèmes nouveaux apportés par le mélanisme d'origine industrielle.

Un dernier chapitre traite des nouvelles connaissances acquise dans le domaine de la génétique humaine, du point de vue de l'évolution et de l'adaptation des populations.

ROUGEOT (P.-C.). LES BOMBYCOIDES (LEPIDOPTERA-BOMBYCOIDEA) DE L'EUROPE ET DU BASSIN MÉDITERRANÉEN. TOME I. LEMONIIDAE, BRAHMACIDAE, ATTACIDAE, ENDROMIDIDAE. Paris, Masson et C^{ie}, 1971, 159 p., (Faune de l'Europe et du Bassin méditerranéen, vol 5).

Les Bombycoïdes occupent une place importante dans l'ordre des Lépidoptères, d'abord par leur nombre et par leur répartition géographique, ensuite par l'intérêt qu'ils présentent tant au point de vue systématique que biologique. Certaines espèces jouent un rôle économique important (sériciculture), d'autres sont nuisibles aux plantes cultivées.

L'ouvrage n'est pas exclusivement consacré à la systématique (l'auteur y règle d'importantes questions de nomenclature et y décrit en outre de nouvelles formes) mais aussi à la biologie, l'éthologie, la bio géographie du groupe peuplant la zone étudiée par l'auteur. Beaucoup de renseignements et d'observations consignés sont inédits.

Cet ouvrage débute par des « généralités » et par une clé d'identification des familles. L'étude systématique des espèces est très complète étant donné la part faite aux variations observées avec le biotope et les conditions écologiques de développement aboutissant fréquemment à des races locales bien fixées.

Une illustration abondante représentant non seulement les différentes espèces et leurs caractéristiques morphologiques essentielles mais aussi leurs biotopes les plus caractéristiques permet ainsi de mieux comprendre encore l'ensemble de ce groupement de Bombycoïdes. Les espèces particulièrement remarquables sont figurées en couleurs.

An. éd.

CONTENTS

J. BRENIÈRE. — The problems of grass borers in West Africa.....	287
P. DELATTRE. — Contribution to the biology of <i>Zetzellia mali</i> EWING. (<i>Acarina</i> , <i>Stigmaeidae</i>)	297
M. BOULETTEAU. — Larval growth and host consumption in <i>Pteromalus puparum</i> (HYM. CHALC.) : Effect of population density.....	305
G. CHAUVIN. — Nature of the substratum and humidity as factors of the egg-laying behaviour in two lepidoptera <i>Tineidae</i> : <i>Monopis rusticella</i> (CLERCK) and <i>Trichophaga tapetzella</i> (L.)	319
Suzanne WARKIEVI-GRANIER, J. C. LÉONIDE. — Preliminary results of investigations upon parasitical castration and existence of an eventual endocrine relay in the castration of locusts infested by Diptera.....	327
R. RAHN. — Evolution of the mating potentialities of <i>Acrolepia assectella</i> Z. (<i>Lepidopt. Plutellidae</i>).....	337
H. CHEVIN, Y. DURAND, J.-R. LE BERRE and J.-P. MOREAU. — Studies on some factors occurring in the pullulation of two <i>Oscinella</i> species <i>O. frit</i> L. and <i>O. pusilla</i> MG	347
E. BILIOTTI, R. DESMIER de CHENON. — Parasitism of <i>Pales pavidus</i> MEIG. on <i>Galleria mellonella</i> L. Method of a permanent breeding in laboratory.....	361
M. CANARD. — Possibilities of long period storing the cocoons of the aphidophagous predator : <i>Chrysopa perla</i> (L.) (<i>Neuroptera</i> , <i>Chrysopidae</i>).....	373
<i>Bibliographical review.</i>	
H. LE LOUARN. — Methods to study the role of the passerine birds on defoliators.....	379
<i>Information</i>	387
<i>Book reviews</i>	389

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier format 21 × 27, avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page sera numérotée et des feuilles séparées seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et graphiques, etc.

Au début de chaque mémoire, on indiquera : — *le titre du mémoire* : il ne devra pas comporter d'abréviations ni de formules chimiques (sauf pour les isotopes) ; — *le nom des auteurs*, précédé des initiales du prénom pour les hommes, du prénom complet pour les femmes ; — *le nom des techniciens* ayant collaboré à l'étude relatée, précédé de la mention : avec la collaboration technique de... ; — *le nom de l'établissement*, dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.

Les *mémoires* seront rédigés, autant que possible, d'après le plan ci-dessous :

a) *résumé* : (250 mots max.) suffisamment précis pour que sa lecture renseigne sur la nature du travail et son importance ; b) *introduction* dans laquelle on indique l'objet des recherches entreprises en relation avec les travaux déjà effectués dans le domaine ; c) *techniques expérimentales et matériel utilisé*, en donnant, sous une forme concise, tous les détails nécessaires pour que le lecteur puisse répéter les expériences ; d) *résultats*, à présenter de la manière la plus brève possible ; e) *discussion et conclusions* ; f) *résumé* anglais ou destiné à être traduit en anglais comportant une analyse complète de l'article ; g) *remerciements* pour les collaborateurs, les fonds, les dons... ; h) *références bibliographiques*.

Les *travaux originaux en anglais* doivent présenter la même composition que les mémoires rédigés en français, mais ils comportent obligatoirement un résumé français très complet. Les figures, graphiques, tableaux et photographies seront sous-titrés en français.

Pour les autres documents (notes, mises au point, revues, rapports, etc.) l'auteur devra suivre un plan logique et le mettre en évidence par une titration appropriée.

Les *références bibliographiques* doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (DUPONT et DUVAL, 1954). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de *et al.* A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, et par ordre de dates pour un même auteur.

Pour les articles : le (s) nom (s) de (s) auteur (s) suivi (s) des initiales du (des) prénom (s) ; la date de parution de l'article ; le titre de l'article (dans la langue originale pour l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et en français dans tous les autres cas, avec indication entre parenthèses de la langue d'origine, sauf si l'auteur étranger a sous-titré dans l'une des quatre langues mentionnées) ; le titre du périodique en abrégé, selon la *World List of Scientific Periodicals*, ou le *Bulletin Signalétique du C. N. R. S.* ; le volume ; la première et la dernière page de l'article.

Pour les ouvrages : le nom de l'auteur avec les initiales du prénom ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage dans la langue originale, sans abréviations (pour les langues utilisant des alphabets autres que l'alphabet latin, la traduction du titre sera donnée entre parenthèses, avec mention de la langue d'origine) ; le volume ; la première et la dernière page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés, et, si l'on cite l'ouvrage en entier, le nombre de volumes et le nombre total de pages ; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Si l'ouvrage est collectif, on indiquera en plus le nom de l'auteur du chapitre cité, le nom des rédacteurs principaux, précédé de la mention « in », le titre de l'ouvrage.

La mention de « communications personnelles » ou « données non publiées » etc. doit être faite entre parenthèses. Lorsque l'auteur a relevé une référence dans une revue d'« Abstracts », le mentionner à la fin de la référence, entre parenthèses.

Les *tableaux, dessins, graphiques, cartes, photographies*, doivent être fournis à part. Les tableaux et figures doivent faire l'objet de deux numérotations distinctes, en chiffres arabes l'une et l'autre.

Les auteurs peuvent disposer leurs tableaux soit dans le sens de la largeur de la revue, soit dans le sens de la longueur. Dans le sens de la largeur, le total des signes et des espaces disponibles est de 100. Dans le sens de la longueur, il est de 155. Les tableaux en longueur, c'est-à-dire ceux pouvant disposer de 155 signes, ne seront admis que s'ils comprennent plus de 8 lignes de chiffres, de manière qu'une page entière de la revue ne soit pas occupée par un tableau très long et très étroit. Les graphiques ne doivent pas faire double emploi avec les tableaux.

Les légendes et les énoncés des graphiques et dessins doivent être dactylographiés sur feuille séparée et porter les numéros des figures.

Les *graphiques, schémas, cartes, dessins d'appareils* seront envoyés à l'état de projets, leur exécution définitive étant confiée au Bureau de Dessin de l'I. N. R. A. Seules deux réductions à l'impression sont admises : soit $\times 0,5$, soit $\times 0,25$.

Il est rappelé que le format utile des *Annales* est : 19 × 12,5 cm ; ces dimensions ne doivent pas être dépassées.

Photographies : Il est recommandé de fournir des épreuves bien contrastées sur papier blanc, et de préférence en format 9 × 12. Si les photographies doivent être associées pour constituer des planches, on adoptera les normes suivantes : 2 photos 9 × 12, 4 photos 9 × 5,5, 6 photos 5,5 × 5,5. Dans ce cas, chaque photo devra porter un numéro en chiffres arabes visible après clichage.

Les légendes des photographies doivent être dactylographiées sur feuilles séparées et porter les numéros des figures.

Correction des épreuves : les auteurs recevront une épreuve à corriger.

Envoi du manuscrit : M. BILLOTTI, Centre national de Recherches agronomiques, 78 - Versailles, France. On demande deux exemplaires.

ZOOLOGIE.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

PÉRIODIQUES

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1972	France	Étranger	Le N°
ANNALES AGRONOMIQUES, 6 n°s par an	125 F	135 F	25 F
ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES, 4 n°s par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE PHYTOPATHOLOGIE, 4 n°s par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE ZOOLOGIE - ÉCOLOGIE ANIMALE, 4 n°s par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE ZOOTECHNIE, 4 n°s par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE, 4 n°s par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE BIOLOGIE ANIMALE, BIOCHIMIE, BIOPHYSIQUE, 4 n°s par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DES SCIENCES FORESTIÈRES, 4 n°s par an	75 F	80 F	25 F
ANNALES DE GÉNÉTIQUE ET DE SÉLECTION ANIMALE, 4 n°s par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE RECHERCHES VÉTÉRINAIRES, 4 n°s par an	50 F	55 F	35 F
ANNALES D'HYDROBIOLOGIE, 2 n°s par an	50 F	55 F	35 F
ANNALES D'ÉCONOMIE ET DE SOCIOLOGIE RURALES, 2 n°s par an	40 F	44 F	20 F

APIDOLOGIE, 4 n°s par an — Abonnement : France : 30 F
 Étranger sauf R. F. A. : 35 F
 — Le numéro : France : 9 F
 Étranger sauf R. F. A. : 10 F

PUBLICATIONS NON PÉRIODIQUES

Prix T. T. C.

Recherches d'économie et de sociologie rurales :

N° 1; n° 2; n° 3; n° 4; le numéro : 10,77 F
 Souscription pour les 4 premiers numéros : 33,66 F

Recherches vétérinaires :

N° 1; n° 2; n° 3; le numéro : 21,45 F

Recherches d'hydrobiologie continentale :

Le n° 1 : 16,12 F

DERNIERS OUVRAGES PARUS

La lutte biologique en forêt, Pont-à-Mousson, 12-14 novembre 1969.

212 p., 1971 45,00 F

VIII^e Symposium européen sur les maladies à virus des arbres fruitiers. Bordeaux, 24-30 juin 1970.

560 p., 1971 65,00 F

Essai de programmation de la Recherche (Département agronomie) par D. Macquart, R. Gras, J. Mamy.

70 p., 1971 30,00 F

Quatrième Congrès mondial I. A. A. L. D., Paris 20-25 avril 1970.

342 p., 1971 53,75 F

Les maladies des plantes - Modes de développement et méthodes de lutte. Traduit de l'anglais par J. Louvet.

236 p., 1971 43,00 F

Les maladies des plantes maraîchères par C.-M. Messiaen et R. Lafon. 2^e édition mise à jour.

441 p., 1971 64,50 F

Techniques d'études des facteurs physiques de la Biosphère.

544 p., 1970 86,00 F

Comptes rendus de la 4^e Conférence trisannuelle de l'Association euro- péenne pour la Recherche sur la pomme de terre, Brest, 8-13 septem- bre 1969.

298 p., 1970 48,37 F

Colloque franco-soviétique sur l'utilisation des entomophages, Antibes, mai 1968.

134 p., 1970 35,00 F

Symposium sur la physiologie de la coquille de l'œuf.

280 p., 1970 70,00 F

Les demandes d'abonnements et les commandes doivent être adressées au Service des Publications de l'Institut nation-
 ale de la Recherche agronomique, route de Saint-Cyr, 78 - Versailles.
 Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des Publications de l'I. N. R. A., par virement postal à
 son compte courant : 9064-43 Paris, sans mentionner d'adresse, ou par bons U. N. E. S. C. O.
 Les demandes peuvent être souscrites également par l'intermédiaire des libraires dans les conditions habituelles.
 A Paris, bureau de vente : 11, rue Jean Nicot.

TABLE DES MATIÈRES

J. BRENIÈRE. — Les problèmes des lépidoptères foreurs des graminées en Afrique de l'Ouest.	287
P. DELATTRE. — Contribution à l'étude biologique de <i>Zetzellia mali</i> EWING (Acarina : Stig-maeidae)	297
M. BOULETREAU. — Croissance larvaire et utilisation de l'hôte chez <i>Pteromalus puparum</i> (HYM., CHALC.) : influence de la densité de population	305
G. CHAUVIN. — Nature du substrat et humidité, facteurs du choix du site de ponte chez deux lépidoptères Tineidae : <i>Monopis rusticella</i> (CLERCK) et <i>Trichophaga tapetzella</i> L	319
Suzanne WARKIEVI-GRANIER, J.-C. LÉONIDE. — Résultats préliminaires de recherches sur la castration parasitaire et l'existence d'un éventuel relais endocrinien dans la castration des criquets infestés par des diptères.....	327
R. RAHN. — Évolution des potentialités d'accouplement des mâles et des femelles d' <i>Acro-lepia assectella</i> Z. (Lepidopt. Plutellidae).....	337
H. CHEVIN, Y. DURAND, J.-R. LE BERRE, J.-P. MOREAU. — Étude de quelques fac-teurs intervenant dans la prolifération de deux espèces d'oscinies <i>O. frit</i> L. et <i>O. pusilla</i> MG	347
E. BILIOTTI, R. DESMIER de CHENON. — Le parasitisme de <i>Pales pavidus</i> MEIG. (Dipt. Tachinidae) sur <i>Galleria mellonella</i> L. (Lep. Galleriidae). Mise au point d'un éle-vage permanent en laboratoire.....	361
M. CANARD. — Les possibilités de conservation de longue durée des cocons d'un prédateur aphidiphage : <i>Chrysopa perla</i> (L.) (Neuroptera, Chrysopidae).....	373
Mise au point bibliographique.	
H. LE LOUARN. — Méthodes d'étude de l'action des passereaux sur des insectes défolia-teurs.....	379
Informations	387
Chronique des livres.....	391

Contents, see page 393

Les Annales de Zoologie-Écologie animale figurent dans Current Contents